

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS**

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

**Evaluación del parasitoide *Spalangia endius* (Walker) bajo
condiciones de laboratorio como candidato para el manejo de la
mosca de las alas manchadas *Drosophila suzukii* (Matsumura)**

Trabajo Final de Graduación en modalidad de Tesis, sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Costa Rica para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

Estudiante

Bach. Emma Gissela Gómez Molina

Tutor

M.Sc. Allan González Herrera

Asesores

Dr. Francisco González Fuentes

M.Sc. Arlette Orozco Muñoz

Campus Omar Dengo
Heredia, Costa Rica, 2025.

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional para optar al grado de Licenciatura en Agronomía.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

M.Sc. Andrés Alpízar Naranjo

Decanato de Ciencias de la Tierra y el Mar

M.Sc. Alonso Calvo Araya

Dirección Escuela de Ciencias Agrarias

M.Sc. Allan González Herrera

Tutor de Tesis

Ph.D. Francisco González Fuentes

Asesor de Tesis

M.Sc. Arlette Orozco Muñoz


Asesor de Tesis

Bach. Emma Gissela Gómez Molina

Postulante

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional para optar al grado de Licenciatura en Agronomía.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



M.Sc. Andrés Alpízar Naranjo

Decanato de Ciencias de la Tierra y el Mar



M.Sc. Alonso Calvo Araya

Dirección Escuela de Ciencias Agrarias



M.Sc. Allan González Herrera

Tutor de Tesis



Ph.D. Francisco González Fuentes

Asesor de Tesis



M.Sc. Arlette Orozco Muñoz

Asesor de Tesis



Bach. Emma Gissela Gómez Molina

Postulante

Dedicatoria

Este trabajo de investigación se lo dedico a Dios que siempre me ha guiado y bendecido en todos los aspectos de mi vida, a mi familia porque sin su apoyo no lo hubiera logrado, a mis seres queridos de los que siempre estaré agradecida por todo lo que hacen por mí y a cada una de las personas que estuvieron presentes durante esta travesía. Estoy muy agradecida por cada consejo, por todas las palabras de apoyo, por la infinidad de ocasiones que supieron tener la paciencia de escucharme y por siempre estar apoyándome en cada decisión de mi vida.

Agradecimientos

Nuevamente las gracias infinitas a Dios por la oportunidad de permitirme cumplir mis sueños y metas.

A la Universidad Nacional de Costa Rica por ser mi segunda casa durante estos años de estudio. A la Escuela de Ciencias Agrarias y a los funcionarios académicos del Laboratorio de Entomología Agrícola, que me permitieron llevar a cabo mi investigación con éxito en el laboratorio. A los profesores que brindaron conocimiento y experiencias que influyeron de forma positiva en mi desarrollo académico y profesional.

Al M.Sc. Allan González Herrera, Tutor de tesis, por sus aportes en el desarrollo de mi investigación.

A la M.Sc. Arlette Orozco Muñoz, Asesora de tesis, por todo el apoyo, confianza, enseñanzas, por sus consejos y motivación que fueron muy valiosos para culminar esta investigación.

Al Dr. Francisco González Fuentes, Asesor de tesis, por la confianza puesta en mí, por su orientación, sugerencias y aportaciones para el desarrollo de esta investigación.

A la empresa Chemtica Internacional S.A. por el apoyo al suministrar los parasitoides requeridos durante las evaluaciones de esta investigación.

Al profesor Esteban Jiménez, por sus consejos, motivación y por sus valiosos aportes en la parte de estadística de esta investigación.

Gracias a mi familia, mi mamá, hermanos, primas y a mi Tita por todo su amor y apoyo todo este tiempo. Gracias en especial a mi Tía Xinia por darme el apoyo y permitirme tener un segundo hogar por muchos años. A Marilyn por siempre estar y ser parte de mi red de apoyo.

A mis amigas y colegas que con cariño, confianza y apoyo contribuyeron en esta investigación.

RESUMEN

Drosophila suzukii (Matsumura) comúnmente conocida como la mosca de alas manchadas es una plaga altamente invasiva responsable de pérdidas económicas importantes en el sector productivo de frutos rojos, Berries y frutos de piel suave. La avispa *Spalangia endius* es un parasitoide que se ha reportado parasitando pupas de *D. suzukii* de forma natural en cultivos de berries en Argentina. En esta investigación se evaluó el potencial de parasitismo de *S. endius* como un agente de control biológico contra *D. suzukii* en condiciones controladas en laboratorio. Se evaluó el uso de dietas artificiales para establecer la cría de la mosca. Se elaboraron 3 dietas (A, B y C) para evaluar el desarrollo del hospedero. Se determinó que la dieta A no provee las condiciones necesarias para la cría de la mosca, al mismo tiempo se compararon las dietas B y C mostrando ser medios nutritivos con capacidad de completar el ciclo de vida de la mosca, estas dietas no mostraron diferencias significativas entre ellas ($p > 0.05$). La dieta C contenía frutos de mora en su formulación, por lo que se seleccionó para realizar los bioensayos con el parasitoide. Se realizó un bioensayo donde se evaluó la proporción 1:1 (hospedero/parasitoide) con un 76% de mortalidad en comparación con un Testigo con un 17% de mortalidad natural sin exposición al parasitoide, confirmando la efectividad del parasitoide bajo condiciones de laboratorio. Adicionalmente se realizaron evaluaciones con diferentes proporciones (2:1, 3:1 y 10:1) para identificar los efectos en comportamiento al aplicar diferentes densidades de parasitoide. Se demostró que la proporción 2:1 fue la que mostró un mejor desempeño al reducir la emergencia de la mosca adulta un 82%, seguido de la proporción 1:1 (76%). Se evidenció que la proporción 3:1 y 10:1 (39%) presentaron los porcentajes más bajos de mortalidad. Se concluye que el parasitoide *S. endius* tiene la elasticidad de parasitar pupas *D. suzukii*, así como también de diferentes especies de moscas.

Palabras clave: Control biológico, dietas artificiales, parasitoides, mora, *Rubus*, mosca de la fruta.

ABSTRACT

Drosophila suzukii (Matsumura), commonly known as the spotted wing drosophila, is a highly invasive pest responsible for significant economic losses in the soft fruit, berry, and other soft-skinned fruit production sectors. The wasp *Spalangia endius* is a parasitoid that has been reported naturally parasitizing *D. suzukii* pupae in berry crops in Argentina. This research evaluated the parasitism potential of *S. endius* as a biological control agent against *D. suzukii* under controlled laboratory conditions. The use of artificial diets to establish fly rearing was evaluated. Three diets (A, B, and C) were prepared to assess host development. Diet A was found not to provide the necessary conditions for fly rearing. Diets B and C were compared and showed to be nutritious media capable of completing the fly's life cycle. These diets showed no significant differences between them ($p > 0.05$). Diet C contained blackberries in its formulation, so it was selected for the bioassays with the parasitoid. A bioassay was conducted evaluating the 1:1 host/parasitoid ratio, which resulted in 76% mortality compared to a control with 17% natural mortality without parasitoid exposure, confirming the parasitoid's effectiveness under laboratory conditions. Additionally, evaluations were performed with different ratios (2:1, 3:1, and 10:1) to identify the behavioral effects of applying different parasitoid densities. The 2:1 ratio showed the best performance, reducing adult fly emergence by 82%, followed by the 1:1 ratio (76%). The 3:1 and 10:1 ratio (39%) showed the lowest mortality rates. It is concluded that the parasitoid *S. endius* has the elasticity to parasitize *D. suzukii* pupae, as well as different species of flies.

Keywords: Biological control, artificial diets, parasitoids, blackberries, *Rubus*, fruit fly.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
3. OBJETIVOS	5
3.1 General.....	5
3.2 Específicos.....	5
4. MARCO TEÓRICO	6
4.1 Cultivo de mora (<i>Rubus</i> sp.).....	7
4.2 Enfermedades del cultivo de mora (<i>Rubus</i> sp.).....	8
4.3 Plagas importantes en el cultivo de mora (<i>Rubus</i> sp.).....	8
4.4 Origen, expansión y distribución de <i>Drosophila suzukii</i>	9
4.5 Taxonomía y descripción de <i>Drosophila suzukii</i>	10
4.6 Características morfológicas de <i>Drosophila suzukii</i>	11
4.6.1 Ciclo biológico.....	11
4.6.1.1 Huevos.....	12
4.6.1.2 Larvas.....	12
4.6.1.3 Pupas.....	13
4.6.1.4 Adultos.....	13
4.7 Métodos de manejo de la plaga <i>Drosophila suzukii</i>	13
4.7.1 Manejo cultural.....	14
4.7.2 Manejo químico.....	14
4.7.3 Manejo biológico.....	15
4.8 Dietas artificiales para <i>Drosophila suzukii</i>	16
4.9 Taxonomía y descripción del parasitoide <i>Spalangia endius</i>	18
5. METODOLOGÍA	21
5.1 Origen del pie de cría de <i>Drosophila suzukii</i>	21
5.2 Sexado de las moscas adultas de <i>Drosophila suzukii</i>	22
5.3 Elaboración de las dietas artificiales y semi artificial.....	23
5.3.1 Preparación de dietas artificiales A y B.....	24
5.3.2 Elaboración de dieta A.....	24
5.3.3 Elaboración de dieta B.....	24
5.3.4 Preparación de la dieta semi artificial C.....	25
5.4 Evaluación del efecto de las dietas.....	26
5.5 Diseño experimental.....	27
5.6 Análisis estadístico del efecto de las dietas.....	27
5.7 Bioensayos del parasitoide con <i>Drosophila suzukii</i>	28

5.8 Análisis estadístico de bioensayos del parasitoide	29
5.9 Determinación de dosis óptima de parasitoide	30
5.10 Análisis estadístico de las dosis de parasitoide	31
6. RESULTADOS.....	33
6.1 Establecimiento de pie de cría en dietas A, B y C.....	33
6.2 Bioensayos del parasitoide con <i>Drosophila suzukii</i> en condiciones de laboratorio.	36
6.3 Determinación de la dosis óptima del parasitoide <i>S. endius</i> para el manejo de <i>D. suzukii</i>	37
7. DISCUSIÓN	40
7.1 Evaluación de dietas A, B y C para el establecimiento del pie de cría.	40
7.2 Bioensayos del parasitoide con <i>Drosophila suzukii</i> en condiciones de laboratorio.	42
7.3 Dosis óptima del parasitoide <i>S. endius</i> para el manejo de <i>D. suzukii</i>	45
8. CONCLUSIONES	47
9. RECOMENDACIONES	48
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
11. ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de <i>Drosophila suzukii</i>	12
Figura 2. Hembra adulta del parasitoide <i>Spalangia endius</i>	19
Figura 3. Mapa de los puntos geográficos.....	21
Figura 4. (A) Hembra de <i>D. suzukii</i> , (B) Aparato ovipositor aserrado característico de la especie, (C) Presencia de manchas negras y peines sexuales en cada par de patas delanteras, (D) Macho de <i>D. suzukii</i> con una mancha negra en el margen de las alas.....	23
Figura 5. Comportamiento sexual de la mosca <i>D. suzukii</i> observado en dieta B. (A y B) y en dieta C (C).....	33
Figura 6. Porcentaje de eclosión de la mosca <i>D. suzukii</i> en dietas B y C.	35
Figura 7. Boxplot de porcentaje de mortalidad de <i>D. suzukii</i> bajo la exposición del parasitoide en proporción 1:1 vs Testigo.....	37
Figura 8. Boxplot de distribución de mortalidad por proporción de pupas de mosca vs hembras de parasitoide.	38
Figura 9. Porcentajes de mortalidad de moscas <i>D. suzukii</i> bajo exposición al parasitoide <i>S. endius</i> en diferentes proporciones hospedero/parasitoide vs testigo.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación taxonómica de la mosca <i>Drosophila suzukii</i>	10
Tabla 2. Ubicación taxonómica del parasitoide <i>Spalangia endius</i>	18
Tabla 3. Resumen de elaboración de las dietas artificiales A, B y la dieta semi-artificial C.	26
Tabla 4. Comparaciones por pares entre las dietas utilizando pruebas de Mann-Whitney-Wilcoxon, con corrección de Bonferroni para el control del error tipo I.	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. (A) Caja entomológica. (B) Interior de caja entomológica con viales con dieta C. (C) Cajas entomológicas seleccionadas para cada dieta.....	61
Anexo 2. (A y B) Bandeja hermética con muestras de fruto de campo infestado de mosca <i>D. suzukii</i> . (C) Separación de pupas y larvas de los frutos recolectados. (D) Pupas recuperadas de los frutos sobre harina de maíz para reducir humedad.	62
Anexo 3. (A) Sobres de aluminio con servilletas y algodón esterilizados. (B) Máquina autoclave utilizada en laboratorio. (C) Viales esterilizados listos para ser utilizados para las dietas.....	63
Anexo 4. (A)Viales con moscas recuperadas de bandejas herméticas. (B)Sexado de la mosca con estereoscopio. (C) Moscas sexadas introducidas en viales con medio nutritivo y tapón de algodón para facilitar el ingreso de oxígeno para los insectos.....	64
Anexo 5. (A) Viales de dieta A con hembra y macho de mosca <i>D. suzukii</i> para inicio de cría. (B) Viales de dieta B con moscas para cría continua. (C) Viales de dieta C con hembra y macho de mosca <i>D. suzukii</i> para inicio de cría. (D) Almacenamiento de dietas B y C seleccionadas para cría de moscas.....	65
Anexo 6. (A) Ingredientes para dieta B, harina de maíz, levadura y agar. (B) Harina reposada en agua destilada. (C) Viales esterilizados en autoclave. (D) Viales con dieta y filtro de algodón.	66
Anexo 7. (A) Selección del fruto de la mora. (B) Mora triturada, harina de maíz reposada en agua destilada y glucosa para la elaboración de la dieta C. (C) Cocción de la mezcla. (D) Viales con dieta lista para pie de cría de la mosca.	67
Anexo 8. (A) Primeras evaluaciones 1:1 hospedero/parasitoide, bajo condiciones de dieta B. (B) Pupas de <i>Drosophila suzukii</i> . (C) Recuperación de larvas L3 para evaluar proporción 1:1 vs Testigo bajo condiciones de dieta C.	68
Anexo 9. (A) Hembra de <i>S. endius</i> visto en estereoscopio. (B) Caja entomológica. (C) Aplicación de parasitoide en proporción 2:1 hospedero/parasitoide.....	69
Anexo 10. (A) Contaminación a las 48h de colocada la hembra en dieta C. (B) Inicio de contaminación en la parte superior de los viales. (C) Presencia de contaminación en vial con hembra de <i>D. suzukii</i>	70
Anexo 11. Fermentación resultante de la primera metodología utilizada para elaborar la Dieta C.....	71
Anexo 12. Costo individual (por litro) de las dietas artificiales A, B y dieta semi-artificial C.	72

1. INTRODUCCIÓN

El insecto *Drosophila suzukii* (Matusumura), es un díptero de la familia Drosophilidae. Es de origen asiática, endémica en el sudeste de China y distribuida de forma nativa a otros países de este continente (Japón, Corea y otros) (Aly et al., 2017; Daane et al., 2016). En América fue reportada inicialmente en Estados Unidos y se propagó rápidamente en Canadá, México, Argentina y Sudamérica (Asplen et al., 2015; Bennardo et al., 2021). Por su rápida distribución y fácil adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas, se le considera como una plaga devastadora. Ha invadido muchos países alrededor del mundo, provocando pérdidas económicas importantes en cultivos de frutos rojos de piel fina como la mora, fresa, arándano, higos, así como en frutos de hueso como cerezas, ciruelas y durazno. (Escudero, 2016; Funes et al., 2018; Martínez et al., 2022).

Los machos presentan una pequeña mancha en el ala que se considera característico del insecto, debido a esto es conocida como la “mosca de alas manchadas” (spotted wing *Drosophila* por sus siglas en inglés, SWD) (Chacón, et al., 2024; Daane et al., 2016). Este insecto tiene la habilidad de adaptarse a diferentes ambientes y condiciones climáticas lo que hace que su nicho sea distinto. Así mismo las larvas al desarrollarse dentro del fruto reducen la competencia interespecífica por recursos (Hoffmann et al., 2018; Martínez et al., 2022).

Es considerada una plaga importante por su capacidad destructiva. La hembra posee una modificación anatómica diferente a otras moscas, estas cuentan con un ovipositor con forma de sierra o aserrado lo que les permite tener la habilidad de cortar la piel de los frutos sanos y depositar sus huevos en el epicarpio de estos (Nikolouli et al., 2021; Rossi-Stacconi et al., 2022).

Su alto impacto en el daño de los frutos está de la mano con la capacidad de producir un gran número de generaciones al año. Esta plaga completa su ciclo de vida entre 7 a 9 días, por lo cual se considera corto (SENASICA, 2019). A esto se le suma la capacidad de producir un rango de 400-600 huevos promedio (Cini et al., 2014), lo que le permite reproducirse y tener un alto potencial de infestación en poco tiempo. Después de haber depositado los huevos en el fruto este comienza a descomponerse debido a que la larva se alimenta de la

pulpa, influyendo en daños secundarios como el ataque del fruto por otros insectos o microorganismos como bacterias y hongos (Mendoza, et al., 2018).

A nivel global, países como Perú, México y España encabezaron la lista de mayores exportadores de frutos rojos en 2023, con ventas por \$1.780 M, \$692 M y \$507 M respectivamente. Así mismo, Estados Unidos fue el mayor importador con un valor de \$1.950 millones (Observatory of Economic Complexity, 2024). En Costa Rica el sector más afectado económicamente es el de frutos rojos como la fresa y mora. Siendo este último, un cultivo promisorio para exportación a Estados Unidos según estudios de PROCOMER (Molina, 2020; PROCOMER, 2020). Durante años se sospechaba la presencia de la mosca *D. suzukii* en el cultivo de mora en el país, pero hasta el año 2024 fue reportada oficialmente en el sector de León Cortés, San José por Chacón, et al., (2024).

Actualmente el manejo de *D. suzukii* se realiza con aplicaciones de diferentes insecticidas, pero estos tienen poca eficacia ante la plaga. Por otra parte, en muchos de estos cultivos no se permite el uso de plaguicidas dado que comprometen la cosecha por los periodos de carencia y perjudican la salud de los agricultores y de los consumidores. Así como también influye negativamente en la presencia de otros insectos benéficos como polinizadores (Escudero, 2016; Mariano et al., 2020).

Debido a la necesidad de manejar esta plaga de una forma más amigable y responsable con el ambiente, se han evaluado tácticas de manejo cultural como la remoción y destrucción del fruto infestado en campo, además de la implementación del uso de cebos atrayentes, trampeo, colocación de redes y túneles (González, 2023; Nikolouli et al., 2021). Sin embargo, estos no han sido capaces de reducir por completo la infestación y esparcimiento de la mosca en campo. Por este motivo, se han estado evaluando enemigos naturales como depredadores y parasitoides (Mendoza et al., 2018). La liberación de estos últimos surge como una opción ecológica y eficiente ante el uso constante de agroquímicos.

El uso de insectos con capacidad de parasitismo se ha venido implementando en países de América como Estados Unidos, Canadá y Argentina, y también en Europa como en Italia y en Asia (Girod et al., 2018; Mendoza et al., 2018; Rossi-Stacconi et al., 2022). Un ejemplo es *Spalangia endius* Walker (Hymenoptera), que se ha observado parasitando de

forma natural pupas de *D. suzukii* (Gómez et al., 2021). Por ser cosmopolita y generalista es una opción alentadora para el manejo sostenible contra la plaga de *D. suzukii*. Además, su poder de parasitismo ha sido notorio con otras familias de Diptera como Sarcophagidae, Chloropidae, Calliphoridae y Muscidae (Zuñiga y Romero, 2022).

El presente trabajo busca evaluar la eficacia en condiciones de laboratorio, de la acción del parasitoide *S. endius* como enemigo natural *D. suzukii*, mediante la reproducción en dietas artificiales y semi artificiales, para determinar la capacidad de parasitismo. Esto como una opción prometedora alterna al uso de insecticidas convencionales y promover las opciones más biológicas para el manejo de la mosca *D. suzukii*.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en Costa Rica se demostró la presencia de la mosca *D. suzukii*, causando daños importantes al ser una plaga devastadora para frutos de piel suave como mora, fresa, arándanos y otros, como también frutos de hueso como la cereza, ciruela y durazno. Esta plaga es altamente invasiva y se encuentra distribuida en muchos países alrededor del mundo. En años recientes se ha incrementado la preocupación por este insecto que está provocando pérdidas económicas importantes en el sector agro productivo. Solo en Estados Unidos se han reportado pérdidas aproximadas de \$500 millones al año en frutos rojos y de hueso. Esto causa un impacto directo en la economía de pequeños y grandes productores, así como también la industria de exportación de estos frutos. Se ha demostrado que las opciones de manejo convencional como la aplicación de insecticidas son ineficientes al rápido ciclo de vida de este insecto, a la creciente resistencia a pesticidas, como también a las limitaciones en el uso de estos para frutos para exportación, por lo que se requiere de nuevas alternativas para su manejo. Por otra parte, las prácticas culturales (recolección de frutos caídos, eliminación de plantas hospederas, entre otras), no son eficaces ante los altos niveles de infestación en los sistemas productivos. Esta situación enciende las alarmas para la búsqueda de alternativas que sean eficientes y a su vez amigables con el ambiente. Gracias al creciente estudio del potencial de control biológico, se ha comprobado que *S. endius* es un insecto que se ha reportado parasitando a *D. suzukii* de manera natural, y actualmente en el país se comercializa para moscas asociadas con problemas de salud animal.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Evaluar la capacidad de parasitismo de *S. endius* sobre *D. suzukii* mediante el establecimiento de un pie de cría y bioensayos en laboratorio, para la determinación de su potencial como alternativa de manejo biológico.

3.2 Específicos

- 3.2.1. Establecer un pie cría de *D. suzukii* en el laboratorio a partir de la comparación y evaluación de dos dietas artificiales y una semi artificial.
- 3.2.2. Evaluar el porcentaje de parasitismo de *S. endius* sobre *D. suzukii* mediante bioensayos en condiciones de laboratorio.
- 3.2.3. Determinar la dosis óptima de *S. endius* para el manejo de *D. suzukii* mediante ensayos de diferentes proporciones del parasitoide sobre cantidades definidas de la plaga en condiciones de laboratorio.

4. MARCO TEÓRICO

El cultivo de frutos rojos también conocidos como berries, destacan la mora, la fresa, la frambuesa y el arándano, han experimentado una notable expansión a nivel mundial desde la década de 1980. Este crecimiento está estrechamente vinculado al inicio de la era de la globalización alimentaria y al desarrollo de nuevas tecnologías agrícolas, que facilitaron la diversificación productiva y la inserción de cultivos no tradicionales en los mercados internacionales (Castillero, 2023; Fischer et al., 2021). Como resultado, los frutos rojos adquirieron una mayor presencia en los circuitos comerciales globales, favoreciendo su producción y consumo a escala internacional (Castillero, 2022).

La comercialización de estos frutos es un motor económico importante en regiones donde su nivel de producción es altamente intensivo. Actualmente países como Perú, México, Estados Unidos y España lideran en exportación de frutos rojos, siendo Perú uno de los mayores exportadores de arándanos y otras berries. Asimismo, México destaca en exportaciones de frutos como las frambuesas, moras y arándanos, seguido de España y Estados Unidos (Agroreview, 2025).

Dentro de los países que a nivel mundial tienen un alto consumo de frutos rojos y un incremento en las importaciones se encuentran China, Estados Unidos, Brasil, Países Bajos, Reino Unido, Alemania, Rusia. Siendo China el país que consume un alto volumen de berries representando un 28% del consumo mundial y 269 millones de toneladas (Agroreview, 2025, 2025).

En Costa Rica durante muchos años la producción de frutos rojos como la mora, fresa, arándanos y otros frutos de hueso como la ciruela, ha estado conformado más a nivel familiar en comparación con otros países donde se producen en grandes extensiones. En las últimas décadas el cultivo de mora ha incrementado paulatinamente mostrando una alta demanda en el sector nacional por la buena respuesta de los consumidores y por su alto valor comercial (Molina, 2020).

4.1 Cultivo de mora (*Rubus sp.*)

Durante años la producción de frutos rojos ha ido en aumento, en Costa Rica el cultivo de mora (*Rubus sp.*) ha tenido una creciente demanda debido a su gran aceptación por parte de los consumidores nacionales. Además, el fruto de mora ha ganado posición en diferentes industrias debido a sus propiedades organolépticas, alimenticias y medicinales, esto también por la cantidad de compuestos bioactivos como ácidos grasos, fenólicos y tocoferoles (Arrubla, 2022).

Otra característica importante es la abundancia de carotenoides y antocianinas que les otorga propiedades antioxidantes de alto interés (Hipo, 2021). Estos factores han influido en el aumento de la demanda en la industria farmacéutica y química, ya que de estos se puede obtener sustancias con componentes bioactivos aprovechables, por lo que ha generado el interés de producirlos en grandes cantidades (Barrera et al., 2020).

El fruto de mora al igual que otras berries se caracteriza por ser muy versátil en sus diferentes formas de consumo y esto incrementa su atractivo económico. Este puede consumirse como fruta fresca sin procesar, congelada o de forma líquida en refrescos naturales. Además, este fruto es comúnmente procesado en productos como pulpas, jaleas, mermeladas, gelatinas, jugos, vinos, así como también es utilizado en productos lácteos como helados y yogurts (Franco et al., 2020; Hipo, 2021). Por otra parte, el aprovechamiento de los residuos de este fruto viene en aumento, lo que ha generado un valor agregado en sus diferentes aplicaciones (Moposita et al., 2023).

En países de América, Europa y Asia se desarrolla el cultivo de forma intensiva, estas plantas para un desarrollo óptimo se establecen en regiones altas con un rango de 1200 a 3000 m.s.n.m., y en las zonas altas tropicales de América ya que el rango de humedad relativa es de un 50-60% (Arrubla et al., 2022; Hipo, 2021). Este cultivo al ser de ciclo perenne en su proceso de crecimiento requiere de labores técnicas donde se realiza poda, manejo de malezas, drenaje, fertilización, manejo de plagas y de enfermedades para que el desarrollo sea favorecedor y mejore su producción (Zumba, 2022).

4.2 Enfermedades del cultivo de mora (*Rubus* sp.)

Dentro de los principales problemas con los que se enfrentan los productores de mora, se encuentra la presencia de enfermedades que pueden ocasionar grandes pérdidas económicas si no se establece un manejo de estas a su debido tiempo. Dentro de las más importantes se registran:

- **Moho gris o pudrición del fruto:** causado por la presencia de *Botrytis cinérea*, esta ocasiona podredumbre temprana al fruto, además se observa quemaduras que afecta principalmente en las hojas. Se ve favorecida en ambientes con alta humedad.
- **Antracnosis:** inducida por la presencia de *Collectotrichum gloeosporioides* su mayor daño se refleja en tallos y hojas causando la muerte de la planta, esta de igual forma se ve favorecida por alta humedad (González, 2023).
- **Mildiu polvoso:** generado por *Oidium* sp. y *Sphaerotheca macularis* se caracteriza por producir un polvo color blancuzco que se observa en las hojas jóvenes ocasionando coloraciones en estas.
- **Mildiu veloso:** causado por *Peronospora sparsa*, generando coloraciones violetas oscuras en tallos, ramas, hojas y pecíolos.
- **Marchitez y pudrición de raíces:** generalmente se produce por la presencia de *Fusarium* sp, *Verticillium* sp o *Rosellinia* sp., causando amarillamiento en las hojas.
- **Roya:** producido por *Gymnocoria* sp., causando manchas en las hojas y agrietamientos en los tallos. Es favorecida por la alta humedad y por residuos de cosecha mal ubicados (Carvajal, 2022).

4.3 Plagas importantes en el cultivo de mora (*Rubus* sp.)

El cultivo de la mora presenta una serie de insectos plagas que afectan seriamente en la economía de los productores, ya que estos han ido aumentando la resistencia a insecticidas

y el daño que producen es cada vez mayor (Mariano et al., 2020). Dentro de estos se pueden mencionar los más importantes: trips (*Frankliniella* spp.) que provocan daños en estado de larva y producen daños en las hojas en forma de verrugas, además que los adultos son transmisores de virus (Castro y Cerdas, 2005; Zumbado y Azofeifa, 2018).

En orden de importancia también se destaca el barrenador del tallo *Epialus* spp. y *Diastrophus* sp. que tienden a hacer galerías en el tallo produciendo clorosis en las hojas y son capaces de causar severos daños en plántulas produciendo por consecuencia la muerte de la planta (Carvajal, 2022; Zumba, 2022). Además, se menciona el daño de los picudos (*Anthonomus* spp.) y gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), también se da la afectación por ácaros (*Tetranychus* spp.), áfidos (*Aphis* sp.), chinches chupadores, orugas minadoras, gusanos cortadores entre otros (Jiménez & Laguna, 2008; Kirschbaum, 2022).

De igual importancia se menciona el daño que producen las moscas de la fruta como *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Wiedeman, 1824) (Nolasco y Lannacone, 2008), en frutos rojos y en frutos de cáscara delgada. Estas moscas atacan los frutos maduros ovipositando en ellos, mientras que sus larvas se alimentan de estos dejándolos comercialmente inservibles (Vega, 2023).

De la misma manera se encuentra la mosca *D. suzukii*, considerada como una plaga invasora relativamente nueva (Kirschbaum, 2022), de alto interés y cuidado por sus hábitos alimentarios, así como también por la capacidad de daño que causa en cultivos de frutos rojos como la mora, frutos de piel blanda y frutos de hueso.

4.4 Origen, expansión y distribución de *Drosophila suzukii*

Este insecto originario de Asia se observó por primera vez en Japón en 1916 por Kanzawa, pero fue descrita hasta 1931 por Matsumura quien la nombró *D. suzukii* (Funes et al., 2018). Esta mosca se ha ido expandiendo rápidamente hacía otros países alrededor del mundo, actualmente está presente en países como Japón, China, Corea, Taiwán, India, Myanmar, Tailandia, Nepal, Pakistán, Hungría, Polonia, Bulgaria, Rumania (Funes et al., 2018; SENASICA, 2019; Vásquez, 2024). En Europa su primer reporte fue en España e Italia

en el 2008, de igual forma esta mosca se fue expandiendo a países cercanos como Francia, Alemania, Austria, Croacia, Bélgica, Eslovenia y Suiza, además en 2012 se notificó en Países Bajos, Portugal y Gran Bretaña, Grecia (Rossi-Stacconi et al., 2018; Vásquez, 2024).

En América del Norte y Europa es considerada una plaga invasiva emergente, cuya rápida dispersión es de gran preocupación para estos países. En EEUU su detección fue en 2008, en el estado de California y se fue expandiendo a diferentes estados del país provocando pérdidas importantes en cultivos de fruto pequeño y con hueso, así mismo se reportó la presencia de este insecto en Canadá y México (Asplen, 2015; Dalton et al, 2011).

En América del Sur su reporte fue a inicios de 2013 donde se registraron capturas en Uruguay, Brasil y Chile, para el 2015 fue hallada en Argentina en cultivos de frambuesa, zarzamoras y arándanos (Dagatti et al., 2018). Debido a la similitud del clima templado de estos países mencionados, se vincula con el éxito invasor de *D. suzukii*, además es considerada una plaga cuarentenaria por lo que su reporte implica una penalización económica importante para los países productores (Gómez et al., 2021).

En Costa Rica desde 2005 había reportes no oficiales de la presencia de la mosca en zonas altas del país (SENASICA, 2019). Durante el 2021 y 2022 continuaban las sospechas por rumores de observación de larvas atacan frutos de mora, aunque en años atrás no existían estudios oficiales que confirmaron estar presente en el país. Actualmente Chacón, et al., (2024) corroboraron su presencia mediante muestreos y pruebas moleculares. En sectores altos de Cartago, Pérez Zeledón y León Cortés, San José, se ha reportado la observación de estas moscas, que a su vez está asociado al incremento del cultivo de mora en estas zonas.

4.5 Taxonomía y descripción de *Drosophila suzukii*

La mosca *D. suzukii* según Gómez (2020) su ubicación taxonómica en la Tabla 1 es:

Tabla 1.

Ubicación taxonómica de la mosca Drosophila suzukii.

Ubicación taxonómica	
Reino	Animal

Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Díptera
Familia	Drosophilidae
Género	<i>Drosophila</i>
Especie	<i>Drosophila suzukii</i>

Fuente: Gómez, 2020.

4.6 Características morfológicas de *Drosophila suzukii*

La adecuada identificación de la mosca *D. suzukii* es fundamental para brindar un manejo adecuado de esta plaga, debido a la importancia que presentan los frutos rojos en el sector agroeconómico. Esta especie conocida como mosca de alas manchadas, presenta rasgos morfológicos característicos en cada una de sus fases de desarrollo (Funes et al., 2018). Estos rasgos permiten su rápida detección en campo y en laboratorio de otras especies de *Drosophila* sp. Por esta razón es de gran importancia conocer con detalle cada fase del ciclo biológico del insecto, desde su fase de huevo hasta la mosca adulta, para conocer su comportamiento y dinámica poblacional.

4.6.1 Ciclo biológico

La larva eclosiona del huevo de 2 a 72 horas después de haber sido introducida en el fruto, después de 3 a 13 días pasa al estadio de pupa dentro del fruto o fuera de este. El periodo de pupación puede durar de 4 a 45 días (Funes et al., 2018; Vázquez et al., 2014). Los adultos tienen un ciclo de vida de 21 a 63 días y alcanzan la madurez sexual de 2 a 3 días después de haber emergido de la pupa (**Figura 1**) (González, 2023).

Figura 1.
Ciclo de vida de Drosophila suzukii.



Fuente: Elaboración propia.

4.6.1.1 Huevos

Sus huevos son de forma ovalada, miden aproximadamente 0,4 a 0,6 mm de longitud, son de color blanco semitransparentes y brillantes, presentan dos filamentos en el extremo que son los encargados de la respiración, su tamaño tiene un rango de 0.18 a 0.6mm y se logran observar sobre la epidermis de los frutos (González, 2023).

4.6.1.2 Larvas

La larva es de color blancuzca con órganos internos parcialmente visibles, con piezas bucales negras, estas crecen dentro del fruto y pasan por tres estadios larvales dentro de este (Vázquez et al., 2014). En el primer estadio larval pueden medir 0.7 mm de longitud, y en el tercer instar larval pueden llegar a alcanzar 5.5 mm de longitud (Rojas et al., 2019).

4.6.1.3 Pupas

La etapa de pupa se realiza en su mayoría de veces dentro del fruto, pero también puede suceder fuera de este (Funes et al., 2018). Su forma es cilíndrica y se tornan de un color café rojizo o amarillento, tienen una longitud de 2 a 3 mm, además poseen dos proyecciones ramificadas que corresponden a los espiráculos y cumplen con la función respiratoria (Rojas et al., 2019; SENASICA, 2019).

4.6.1.4 Adultos

Las moscas adultas son relativamente pequeñas, estas tienen un tamaño similar a las pupas con 2 a 3 mm de longitud, tienen una coloración marrón rojiza, fusiformes, sus ojos son color rojo y en su abdomen es posible observar unas bandas transversales de color negras, tienen antenas cortas tipo aristas ramificadas (Gonzalez, 2023).

Esta especie presenta un dimorfismo sexual muy marcado lo que permite diferenciar fácilmente la hembra y el macho, inicialmente estas son de mayor tamaño que los machos (Gómez, 2020), los machos presentan una mancha negra en el margen de las alas, lo que le atribuye al nombre común mosca de alas manchadas y que está ausente en las hembras (**Figura 1**) (Pérez et al., 2013). Además, estos presentan dos peines sexuales con setas en el primer y segundo segmento tarsal del primer par de patas (Santadino et al., 2015).

La hembra a su vez es la que presenta mayor relevancia a su condición de plaga, debido a su aparato ovipositor es aserrado formado por dientes oscuros (Santadino et al., 2015), fuertemente esclerotizado esto le permite introducir los huevos en los frutos sanos y maduros, estas una vez que han copulado con el macho buscan los frutos firmes cercanos a la madurez máxima (Daane et al., 2016). Son capaces de depositar aproximadamente 380 huevos durante toda su vida (Walsh et al., 2011).

4.7 Métodos de manejo de la plaga *Drosophila suzukii*

Para el monitoreo de este insecto se utilizan cebos atrayentes, considerado como el método más utilizado para determinar la presencia de esta plaga, para dicho atrayente se

utilizan sustancias como vinagre de manzana o cebos fermentados a bases de puré de banano maduro, jugo de cereza, entre otros. Otro método que se utiliza es el uso de trampas de color, pegajosas y combinadas con atrayentes pero su éxito va a depender de la calidad del atrayente y de la ubicación de la trampa (Kirschbaum, 2022; Vásquez, 2024).

4.7.1 Manejo cultural

Se utiliza el manejo cultural como una medida que permita hacer el ambiente menos favorable para la plaga con la intención de eliminarlos o inhibir su desarrollo (Gonzalez, 2023). Esto puede ser mediante la recolección de la fruta dañada en campo y eliminación de esta mediante el uso de fosas para enterrar el fruto con el uso de cal sobre estos, evitando dejar fruta rezagada que le permita a los estadios larvales inmaduros de la plaga desarrollarse completamente en el sistema productivo (Sánchez, 2019).

4.7.2 Manejo químico

La erradicación de esta plaga representa un gran desafío que requiere de tácticas integrales basadas en su capacidad de adaptación y dispersión, debido a que a la fecha no hay estrategias de manejo eficaces y el manejo químico ha dado pocos resultados positivos (Nikolouli et al., 2021). Es común que para este insecto los productores apliquen repetidas pulverizaciones de agroquímicos en sus cultivos debido al gran reservorio de plantas hospederas con el que cuenta *D. suzukii* (Rossi-Stacconi et al., 2022).

Además, Gómez et al., (2021) indican que otro factor que influye en el manejo de la plaga es la falta de insecticidas registrados y a la resistencia que ha presentado *D. suzukii* a algunos de estos compuestos químicos. García et al., (2015) también mencionan la importancia del manejo integrado de esta plaga mediante el uso de trampas, atrayentes y enemigos naturales como una alternativa más amigable que el uso de insecticidas químicos.

4.7.3 Manejo biológico

Para combatir los efectos de la mosca *D. suzukii* en sistemas productivos agrícolas, el manejo biológico es una alternativa que en años recientes se han evaluado con diferentes estrategias para combatir la plaga (Gallardo et al., 2022). El uso de enemigos naturales para esta plaga llega a ser un mecanismo de manejo más amigable ante el uso indiscriminado de pesticidas dañinos para el ambiente y la salud humana (Falagiarda & Schmidt, 2020). Actualmente se conoce el uso de más de 30 especies de parasitoides que tienen incidencia sobre *D. suzukii* a nivel mundial, 21 de estos atacan la plaga en estado larval y nueve en estado de pupa (Gómez et al., 2021).

En regiones recientemente invadidas por *D. suzukii*, se han hecho estudios donde se ha observado la acción natural de parasitoides sobre la mosca en la etapa de estadio larvario, entre los más importantes se menciona a *Ganapsis brasiliensis* (Ihering, 1905) (Hymenoptera), *Leptopilina bouvardi* (Barbotin, Carton, & Kelner-Pillault, 1979) (Hymenoptera: Figitidae) (García et al., 2015), *Leptopilina heterotoma* (Thomson, 1862) (Hymenoptera: Figitidae), y *Asobara tabida* (Nees, 1834) (Hymenoptera: Braconidae) (Abram et al., 2020; Moreau et al., 2002; Sánchez, 2019).

En países como Italia y Argentina se menciona el uso de parasitoides más generalistas y cosmopolitas como *Trichopria drosophilae* Perkins (Hymenoptera: Diapriidae) y *Pachycrepoideus vindemiae* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae) que son capaces de desarrollarse de forma exitosa dentro de la pupa (Falagiarda & Schmidt, 2020). Así mismo, se han observado especies de *Dieucoila* sp. atacando pupas de *D. suzukii* (Reche et al., 2021).

Estudios demuestran que *T. drosophilae* puede tener un alto potencial de parasitismo, debido a que este parasitoide presenta buen porcentaje de fecundidad y un 55% de parasitismo (Esteban, 2020), así mismo tiene la capacidad de atacar eficazmente pupas en rangos de temperatura ambiental de 15-35 °C. Se ha observado a nivel de campo que han disminuido las poblaciones de la plaga, sin embargo, conforme aumenta la altitud de las liberaciones se disminuyen los resultados de este parasitoide (Falagiarda & Schmidt, 2020; Pérez et al., 2021).

En la actualidad *G. brasiliensis* y *L. bouardi* se destacan como los mejores parasitoides para la mosca *D. sukii* mostrando resultados satisfactorios (Garrido et al., 2018). Cabe destacar que al tratarse de especies que no se encuentran establecidas de forma natural en algunos países, esto provoca que se tenga que tomar la decisión de importarlo a ambientes no nativos, pudiendo generar otras repercusiones en los ecosistemas en los que se liberen (Gallardo et al., 2022).

Por otra parte, *Spalangia endius* Walker se ha considerado como una buena opción ante el uso ineficiente de insecticidas químicos (Buonocore et al., 2022; Kirschbaum et al., 2020), así mismo se han asociado otras especies del género *Spalangia* parasitando pupas de *D. sukii* como lo es *S. cameroni* Perkins; *S. simplex* Perkins, *S. erythromera* Föster (Gómez et al., 2021). Asimismo, *S. endius* tiene un alto grado de efectividad asociado a otras plagas de moscas como *Stomoxys calcitrans*, siendo capaz de parasitar pupas de manera natural (Zuñiga y Romero, 2022).

4.8 Dietas artificiales para *Drosophila sukii*

Establecer una colonia o pie de cría de *D. sukii* en laboratorio para evaluar la eficacia de insectos parasitoides y organismos entomopatógenos es esencial para el avance en estrategias de control biológico ante esta creciente plaga. Tener un control preciso en laboratorio de las condiciones de temperatura, humedad e iluminación facilita la disponibilidad del hospedero para determinar la capacidad de los enemigos naturales (Aly et al., 2024).

Para garantizar el éxito del pie de cría se debe contar con una dieta o medio nutritivo que aporte las necesidades nutricionales que requiere el insecto para un buen desarrollo. Dentro de las ventajas de tener un pie de cría en laboratorio se puede mencionar las más importantes:

- Disponibilidad constante del hospedero.
- Condiciones controladas en laboratorio.

- Capacidad de realizar ensayos estandarizados.
- Oportunidad de probar diferentes dietas artificiales.
- Posibilidad de producir hospederos de alta calidad.
- Posibilidad de probar diferentes parasitoides.
- Disminución del riesgo de liberar individuos sin pruebas al ambiente.
- Disponibilidad de hospederos para pruebas de resistencia a insecticidas o manipulación genética.

Las dietas artificiales ofrecen un recurso nutritivo que disminuye la variabilidad en los individuos. Asimismo, pueden llegar a ser más económicas que el uso directo de fruta fresca o algún otro recurso natural, ya que al optimizar los ingredientes de las dietas estas aumentan su rentabilidad (Emiljanowicz et al., 2014). Además de facilitar la producción masiva del insecto, permiten a su vez monitorear el ciclo de vida constante, el desarrollo de los individuos, tasas de reproducción y de supervivencia en condiciones controladas (Aceituno et al., 2020).

La efectividad de la dieta va a depender de diversos factores como la calidad de los ingredientes y del valor nutricional que éstos le aporten en las diferentes etapas del insecto. La disponibilidad de ingredientes y la rentabilidad en los costos de estos debe estar equilibrado con el rendimiento en la cría masiva de los insectos (FAO/IAEA, 2022). También el uso de ingredientes esterilizados permite la reducción de contaminantes que pueden afectar en el desarrollo óptimo de los insectos.

Para que las larvas de *D. sukuzii* lleguen bien desarrollados a la fase de adulto, necesita proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas y lípidos para que le permitan completar su buen desarrollo. Si esta mezcla nutricional presenta algún desequilibrio puede afectar seriamente en el desarrollo, en el tamaño y peso de los individuos, así como también en la fecundidad y en la sobrevivencia de estos (Hoffmann et al., 2018; Jaramillo et al., 2015).

Actualmente existen diversos estudios en los que se indica el uso de diferentes dietas artificiales para la cría masiva de *D. sukuzii*, desde dietas semi sólidas, líquidas, o dietas con frutos frescos. La FAO/IAEA (2022) recomienda el uso de una dieta económica a base de papa para la producción de larvas, dicha dieta facilita la separación de las pupas de la dieta

larvaria al ser altamente soluble en agua, esto a su vez permite la producción de grandes cantidades de pupas. Además, a la base original de esta dieta de papa se le pueden adicionar ingredientes como zanahoria en polvo.

En otro estudio realizado por Aceituno et al., (2020), se hace uso de ingredientes como la harina de maíz o fibra de coco, ambos mezclados con levadura de cerveza o levadura de torula como base para la cría masiva de *D. sukukii*. Asimismo, se sugiere que la dieta a base de fibra de coco tiene la capacidad de favorecer el desarrollo y supervivencia de las hembras, lo que favorece cuando se desea tener una cría continua de la mosca.

La importancia de estos estudios radica en que permiten replicar sus dietas para que puedan llegar a ser utilizadas en pequeña escala o para cría masiva. Rossi-Stacconi et al., (2022) indican que su dieta a base de harina de maíz y levadura de cerveza fue propuesta a pequeña escala, esta permite optimizar la mano de obra y reducir costos en equipo de laboratorio especializado. Así mismo señalan que su dieta puede ser aplicable para *D. sukukii* con el uso de diferentes parasitoides.

4.9 Taxonomía y descripción del parasitoide *Spalangia endius*

Spalangia endius (Walker) fue descrita en 1839, pero en una nueva revisión se le incluyó en el grupo de especies *endius* por observarse un collar pronotal con puntos circulares (Gibson, 2009; Gómez et al., 2021), su ubicación taxonómica se observa en la **Tabla 2**.

Tabla 2.

Ubicación taxonómica del parasitoide Spalangia endius.

Ubicación taxonómica	
Reino	Animal
Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Hymenoptera
Familia	Pteromalidae
Género	<i>Spalangia</i>
Especie	<i>Spalangia endius</i>

Fuente: Gibson, 2009.

Las hembras (**Figura 2**), tienen una longitud de 1,5 a 2,9 mm, sus patas son oscuras excepto los 3 y 4 segmentos basales del tarso que presentan un color café amarillos. Su cabeza es lisa y brillante, presentan un surco medio triangular alargado con punciones circulares, sus antenas son largas y gruesas. Presenta alas delanteras hialina, normalmente desnudo detrás de la vena submarginal (Gibson, 2009; Shimbori et al., 2020).

Figura 2.

Hembra adulta del parasitoide Spalangia endius.



Fuente: Elaboración propia.

Los machos son más pequeños que las hembras con una longitud de 1,3 a 2,6 mm suelen ser más delgados que las hembras y su superficie exterior rugoso-granular, su cabeza lisa y brillante, presentan antenas más delgadas que la de las hembras (Matsuo, 2020; Shimbori et al., 2020). Este insecto presenta un dimorfismo sexual marcado, dado que las hembras son más robustas que los machos y su pedicelo es más alargado (Vera y Ramírez, 2022).

El ciclo de vida consta de cuatro etapas principales: huevo, larva, pupa y adulto, tiene un periodo de incubación de 24 horas donde se recomienda que sus condiciones de temperatura sean de 26°C y con un rango de 70% de humedad en el ambiente (Treviño, 2018). El desarrollo de sus larvas y de sus estadios púpales se producen dentro de la pupa del hospedero donde se alimenta de los tejidos de la larva. Su desarrollo dura entre 21-23 días, donde después de completar su desarrollo larval emerge como adulto a través de un pequeño

agujero en la cutícula de la pupa de la mosca de la fruta. Los machos son los primeros en emerger y aproximadamente 24 horas después las hembras (Araújo et al., 2012).

La hembra adulta busca activamente hospederos para insertar su ovipositor y depositar un solo huevo (Araújo et al., 2012). Estas son más longevas y activas que los machos, ya que son las únicas que se observan sobre las pupas del hospedero que van a parasitar, el macho se ha logrado observar cerca de las pupas, pero no llegan a interferir en el proceso de parasitación de la hembra, estos también se alimentan de exudados de pupas jóvenes (Vera y Ramírez, 2022).

La especie *S. endius* es una especie cosmopolita y de hábito solitario, tiene la capacidad de parasitar pupas de diferentes familias de Díptera como lo es Drosophilidae, Sarcophagidae, Chloropidae, Calliphoridae y Muscidae (Zuñiga y Romero, 2022). Este parasitoide tiene la capacidad de hasta un 80% de parasitismo en pupas de *Musca domestica* L. (Shimbori et al., 2020; Vera y Ramírez, 2022). Tiene además el potencial de parasitar otras familias filogenéticamente más lejanas como Tephritidae, en la cual se encuentra la mosca de la fruta *Ceratitis capitata*, esta mosca ha demostrado ser un excelente hospedero alternativo con alta efectividad para *S. endius* (Zuñiga y Romero, 2022).

Además, en Argentina Gómez et al., (2021), mencionan que se ha observado a *S. endius* parasitando de forma natural pupas de *D. suzukii*. Este parasitoide normalmente no se utilizaría para contrarrestar la infestación de *D. suzukii*, debido a que aún no se tienen datos precisos sobre su eficacia a nivel de campo en Costa Rica. Cabe resaltar que *S. endius* es un parasitoide para controlar mosca del establo *Stomoxys calcitrans* y mosca común de manera comercial en el país (Francisco González, comunicación personal), por lo que su fácil acceso permite la opción de aplicarlo en sistemas agrícolas afectados por la plaga.

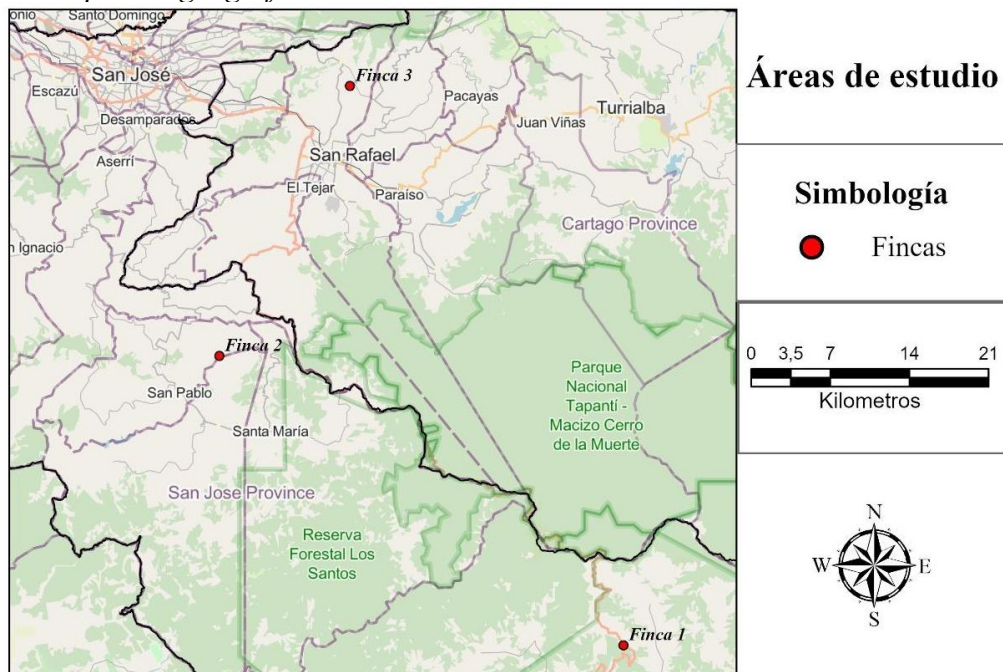
5. METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló en el Laboratorio de Entomología Agrícola de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), ubicado en el cantón de Heredia, Heredia.

5.1 Origen del pie de cría de *Drosophila suzukii*

Se acondicionó un espacio en el laboratorio el cual se limpió y desinfectó. Se colocaron 3 cajas entomológicas con malla antiáfidos previamente desinfectadas (**Anexo 1**), para el desarrollo del pie de cría de cada dieta (A, B y C). Se recolectaron frutos de mora infestados por *D. suzukii* en las zonas de Jardín de Pérez Zeledón, Cedral de León Cortés y Llano Grande de Cartago (**Figura 3**). La recolección del fruto se realizó en los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2023.

Figura 3.
Mapa de los puntos geográficos.



Fuente: Elaboración propia.

Los frutos infestados por larvas de *D. suzukii* se colocaron en bandejas herméticas con una tapa modificada, a la cual se le agregó una malla fina para favorecer el ingreso de aire y evitar el escape de los insectos (**Anexo 2**). El mismo día de la colecta, las bandejas con los frutos recolectados de campo se trasladaron al Laboratorio de Entomología Agrícola de la Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia.

Las larvas resultantes se mantuvieron junto con los frutos de campo en las mismas bandejas de recolección, a una temperatura media de 25°max/17°min. Para mantener la humedad, se les colocó un papel absorbente húmedo dentro de cada bandeja y así evitar que los frutos se deshidraten (**Anexo 2**), estas bandejas estuvieron bajo observación hasta que completaron el ciclo a mosca adulta.

Al emerger los primeros adultos se extrajeron con cuidado de las bandejas y se colocaron en viales de vidrio vacíos (**Anexo 3**) (esterilizados en autoclave a 121 °C, 1,5 libras de presión durante 20 minutos) para su posterior sexado.

5.2 Sexado de las moscas adultas de *Drosophila suzukii*

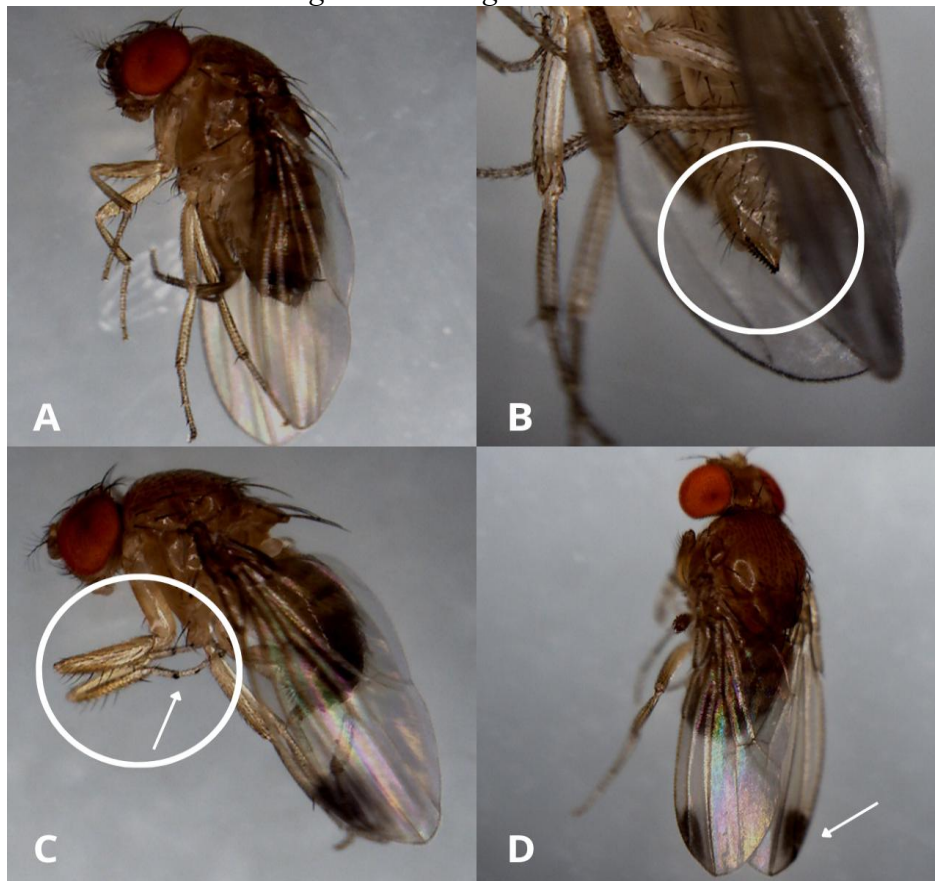
Las moscas adultas resultantes de las bandejas herméticas con frutos de campo se sexaron unos minutos posteriores a su recolección. Para el sexado los viales con las moscas se introducían por 45-60 segundos en el congelador para disminuir el movimiento de los adultos. Posteriormente, los insectos se extrajeron y se observaron bajo un estereoscopio (**Anexo 4**), para identificar las características morfológicas distintivas de las hembras y los machos.

Esta especie al presentar dimorfismo sexual facilitaba la identificación. La hembra es más robusta y grande que los machos (Vera y Ramírez, 2022) y presenta un ovipositor aserrado característico de *D. suzukii* (**figura 4, A y B**). En el macho se buscó observar la presencia de peines sexuales en cada una de las patas frontales y unas pequeñas manchas

negras en el margen de las alas características del mismo (**figura 4, C y D**) (Funes et al., 2018; Pérez et al., 2013).

Figura 4.

(A) Hembra de D. suzukii, (B) Aparato ovipositor aserrado característico de la especie, (C) Presencia de manchas negras y peines sexuales en cada par de patas delanteras, (D) Macho de D. suzukii con una mancha negra en el margen de las alas.



Fuente: Elaboración propia.

Para establecer el pie de cría de moscas, se colocaron al menos 2-4 parejas de adultos en cada vial para que copularan por un periodo de 24-48 horas. Las moscas ya sexadas se colocaron en viales de vidrio con medio nutritivo preparado de las tres dietas a evaluar (**Anexo 5**). A estos viales se les introdujo un filtro de algodón previamente esterilizado, para favorecer el intercambio gaseoso y evitar el escape de las moscas.

5.3 Elaboración de las dietas artificiales y semi artificial

Se evaluaron dos dietas artificiales y una dieta semi artificial para determinar cuál provee menor tiempo de desarrollo de larva a adulto, mayor porcentaje de supervivencia de la mosca y mejor proporción sexual a favor de la hembra.

5.3.1 Preparación de dietas artificiales A y B

Se elaboraron dos dietas artificiales, la dieta A propuesta por Dalton et al., (2011) y la dieta B propuesta por Hoffmann et al., (2018). La selección de estas dietas se enfocó en el óptimo desarrollo del insecto en sus diferentes estadios. Por otra parte, está asociada a la practicidad, facilidad de elaboración, así como su almacenamiento, además del costo y accesibilidad de sus ingredientes (**Tabla 3**).

5.3.2 Elaboración de dieta A

Para la elaboración de la dieta se colocaron 125 g de harina de maíz en un beaker y se le agregaron 300 mL de agua destilada y se dejó reposar durante 10 minutos. Luego se colocó en una olla de cocción con 700 mL de agua destilada y se mantuvo en calentamiento y agitación. Se adicionaron 200 g de azúcar y 70 g de levadura nutricional, esta mezcla se agitó hasta homogeneizar. Posteriormente se adicionó la harina de maíz hidratada y se continuó en agitación. Luego se agregó 45 g de agar, se llevó a ebullición y se continuó agitando para eliminar grumos, de manera que quedará homogénea. Por último, se le adicionó 17,7 mL de ácido propiónico (con una concentración de 1 M) y 33,3 mL de etanol (pureza de 95%) (Dalton et al, 2011).

Esta mezcla se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 5 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se dispensó 10 mL en viales de vidrio de un tamaño de 30 mL previamente esterilizados en autoclave (esterilizados en autoclave a 121 °C, 1,5 libras de presión durante 20 minutos), y se dejaron en reposo. Para su almacenamiento se colocaron en refrigeración a una temperatura de 4°C.

5.3.3 Elaboración de dieta B

Para la elaboración de la dieta se colocaron 80 g de harina de maíz en un beaker y se le agregaron 300 mL de agua destilada y se dejó reposar durante 10 minutos. Luego se colocó en una olla de cocción con 700 mL de agua destilada y se mantuvo en calentamiento y agitación. Se adicionaron 100 g de glucosa y 40 g de levadura nutricional, esta mezcla se agitó hasta homogeneizar. Posteriormente se adicionó la harina de maíz hidratada y se continuó en agitación. Luego se agregó 8 g de agar, se llevó a ebullición y se continuó agitando para eliminar grumos, de manera que quedará homogénea. Por último, se le adicionó 3 mL de ácido propiónico (con una concentración de 1 M) y 8 mL de Metil-parabeno (pureza de 10%) (Hoffmann et al., 2018).

Esta mezcla se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 5 minutos y se dispensaron 10 mL en viales estériles con capacidad de 30 ml (**Anexo 6**). Se dejaron en reposo y se almacenaron en refrigeración a una temperatura de 4°C.

5.3.4 Preparación de la dieta semi artificial C

Para la preparación de la dieta se eligieron frutos de mora en conjunto con los ingredientes de la dieta B. Se escogieron frutos en buen estado, los cuales no presentaban síntomas de pudrición, decoloración o golpes (**Anexo 7**). Para su desinfección se realizaron tres lavados con agua destilada y un lavado con alcohol de 70%. Luego los frutos fueron sumergidos en alcohol 70% durante 10 minutos. Para triturar la mora se utilizó una licuadora de la marca OSTERIZER Super deluxe y de este puré resultante se utilizaron 300 g.

Para la elaboración de la dieta se colocaron 80 g de harina de maíz en un beaker y se le agregaron 300 mL de agua destilada y se dejó reposar durante 10 minutos. Luego se colocó en una olla de cocción con 700 mL de agua destilada y se mantuvo en calentamiento y agitación. Se adicionaron 100 g de glucosa y 40 g de levadura nutricional, esta mezcla se agitó hasta homogeneizar. Posteriormente se adicionó la harina de maíz hidratada y 300 g de frutos de mora previamente triturados, se continuó en agitación. Luego se agregó 8 g de agar, se llevó a ebullición y se continuó agitando para eliminar grumos, de manera que quedará homogénea. Por último, se le adicionaron 3 mL de ácido propiónico (con una concentración de 1 M) y 8 mL de Metil-parabeno (pureza de 10%) (Hoffmann et al., 2018).

Esta mezcla se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 5 minutos y se dispensaron 10 mL en viales estériles con capacidad de 30 ml (**Anexo 7**). Se dejaron en reposo y se almacenaron en refrigeración a una temperatura de 4°C.

Para comparar la cantidad de ingredientes de las dietas A, B y C, se elaboró una tabla con los diferentes ingredientes y sus respectivas cantidades (**Tabla 3**). La dieta B y C, comparten la misma cantidad de ingredientes con la única excepción de los frutos de mora en la dieta C.

Tabla 3.

Resumen de elaboración de las dietas artificiales A, B y la dieta semi-artificial C.

Ingredientes	Dieta A	Dieta B	Dieta C
Azúcar	200 g	-	-
Glucosa	-	100 g	100 g
Harina de maíz	125 g	80 g	80 g
Levadura	70 g	40 g	40 g
Agar	45 g	8 g	8 g
Ácido propiónico	17.7 mL	3 mL	3 mL
Metilparabeno 10%	-	8 mL	8 mL
Etanol 95%	33.3 mL	-	-
Fruto de mora	-	-	300 g

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Evaluación del efecto de las dietas

Con el fin de evaluar el efecto de las dietas A, B y C sobre la eclosión y desarrollo de *D. sukukii*, se colocaron 10 larvas en el tercer estadio (L3) en viales individuales, utilizando un estereoscopio para su identificación. Para cada dieta se realizaron 10 repeticiones.

Adicionalmente, para evaluar el desempeño reproductivo en cada dieta, se introdujo una pareja (una hembra y un macho) en cada vial durante 24 horas. Posteriormente, el macho fue retirado y la hembra se mantuvo en el vial hasta la observación de la primera pupa. Se realizó un registro visual bajo estereoscopio a las 24, 48 y 72 horas siguientes para contabilizar las larvas presentes.

Se registró el día de aparición de la primera pupa y el tiempo hasta la emergencia del adulto. El porcentaje de supervivencia fue calculado dividiendo el número de adultos emergidos en las primeras 24 horas posteriores a la primera emergencia entre el número total de pupas observadas. Asimismo, se determinó la proporción de sexos contabilizando cuántos adultos correspondían a hembras y cuántos a machos.

5.5 Diseño experimental

La unidad experimental y observacional consistió en un vial con pupas de *D. sukikii*. Donde se utilizaron las siguientes variables:

- Pupas: Número total de pupas por vial.
- Adultos: Número de pupas que lograron eclosionar.
- Dieta: Tratamiento aplicado (A, B o C).

La variable respuesta fue la proporción de eclosión (entre 0 y 1), obtenida a partir de conteos de éxito (adultos) y fracaso (pupas no emergidas). El diseño experimental fue unifactorial completamente aleatorizado, donde el factor tiene tres niveles correspondientes a la dieta A, B y C con 10 repeticiones por tratamiento.

5.6 Análisis estadístico del efecto de las dietas

Se evaluó el efecto de las 3 dietas sobre la proporción de eclosión de *D. sukikii*, para ello se realizó un análisis bajo un modelo GLM con distribución binomial y enlace logit. Este modelo permitió trabajar directamente con conteos de éxito (adultos emergidos) y fracaso (pupas no emergidas), respetando la naturaleza discreta y proporcional de los datos, sin necesidad de transformarlos. Además, considera la distribución binomial subyacente en la que cada pupa tiene una probabilidad p valor de convertirse en adulto. Para este modelo la dieta A fue utilizada como grupo de referencia y las dietas B y C se codificaron como variables indicadoras, lo que permitió evaluar sus efectos en comparación con la dieta A.

Este tipo de análisis es más robusto, más informativo y apropiado para este tipo de variable. Se utiliza un enlace logit que transforma la proporción a una escala lineal interpretable (log-odds).

Se utilizó una estructura del modelo:

$$\text{Logit}(p_i) = \ln \ln \left(\frac{p_i}{1 - p_i} \right) = \beta_0 + \beta_1 \cdot D_{B_i} + \beta_2 \cdot D_{C_i}$$

Donde:

p_i : Probabilidad de eclosión para la observación i .

D_{B_i} : Variable indicadora para dieta B (1 si dieta B, 0 en otro caso).

D_{C_i} : Variable indicadora para dieta C (1 si dieta C, 0 en otro caso).

β_0 : Log-odds promedio para dieta A (grupo de referencia).

β_1, β_2 : Efectos diferenciales de las dietas B y C con respecto a la dieta A.

Hipótesis

Se tiene el interés en probar si hay algún efecto significativo de la dieta sobre la probabilidad de eclosión:

- **Hipótesis nula** $H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$, es decir que no hay diferencia significativa entre las dietas.
- **Hipótesis alternativa** $H_A: \beta_1 \text{ ó } \beta_2 \neq 0$, es decir al menos una dieta difiere significativamente de la dieta A.

Adicionalmente se realizó comparaciones por pares entre las dietas utilizando pruebas de Mann-Whitney-Wilcoxon, con corrección de Bonferroni para el control del error tipo I.

5.7 Bioensayos del parasitoide con *Drosophila suzukii*

El parasitoide *S. endius* se obtuvo por medio de la empresa Chemtica® bajo la marca comercial Spaltica. Se utilizaron únicamente hembras del parasitoide para realizar los

bioensayos. Asimismo, se utilizó una misma generación (lote), lo que permitió la homogeneidad de las hembras al momento de la aplicación.

Para la evaluación de parasitismo se utilizó la dieta C como base para colocar las larvas recuperadas, estas larvas se encontraban en el tercer estadio larval y se seleccionaron con la ayuda de un estereoscopio. Estas se colocaban en los viales con medio nutritivo para que completaran su alimentación hasta llegar al estadio pupal, lo que garantizó su homogeneidad en edad o días de eclosión. Se realizaron 10 repeticiones, donde se le aplicó una proporción 1:1 (hospedero/parasitoide) (**Anexo 8**). Además, se realizó un control testigo de pupas de *D. suzukii* que no fueron expuestas al contacto con el parasitoide *S. endius*, para determinar cuántas moscas emergían sin exposición al parasitoide de forma natural. Las larvas se enviaron al laboratorio de la empresa Chemtica quien proporcionó el parasitoide, lo que aseguraba que el parasitoide al estar en condiciones de laboratorio más controladas fuera posible un mejor parasitismo y las hembras no sufrieran alguna lesión, daño o estrés por el traslado.

Para mantener los viales aislados se utilizó una bandeja hermética con una tapa modificada en la cual se colocó una malla fina para favorecer el ingreso de aire y evitar el escape de los parasitoides. Seguidamente se colocó una manta negra sobre la bandeja para evitar que el parasitoide vuele a la luz, ya que se ven atraídos por un proceso de fototaxismo. Se realizaron observaciones diarias durante 15 a 22 días para contabilizar cuántos individuos emergían a adultos (**Anexo 9**).

5.8 Análisis estadístico de bioensayos del parasitoide

Se realizó un análisis estadístico para comprobar el efecto del grupo Testigo y el grupo expuesto al parasitoide *S. endius*, sobre la mortalidad de la mosca *D. suzukii*. Las variables examinadas fueron: tipo de tratamiento y porcentaje de mortalidad.

La mortalidad se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Mortalidad} = \left(\frac{\text{Larvas} - \text{Emergidas}}{\text{Larvas}} \right) * 100$$

Dado que los datos no cumplían los supuestos de normalidad, se realizó una prueba no paramétrica de Wilcoxon Mann-Whitney para muestras independientes. Esta prueba se aplicó para determinar cuándo dos grupos difieren significativamente a las localizaciones de sus distribuciones.

- **Hipótesis nula (H_0):** No existen diferencias significativas entre las distribuciones de los dos tratamientos.
- **Hipótesis alternativa (H_A):** Las distribuciones de los dos tratamientos son diferentes.

El modelo matemático para la prueba Wilcoxon Mann-Whitney para este caso fue el siguiente:

$$W = \sum_{i=1}^{n_1} R_i$$

Donde R_i son los rangos asignados a los valores de una de las muestras combinadas.

5.9 Determinación de dosis óptima de parasitoide

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de la empresa Chemtica Internacional, bajo condiciones controladas de laboratorio, bajo una temperatura de 21°C. Para determinar la dosis óptima de parasitoide se utilizaron viales con dieta C. Para la obtención de las pupas se seleccionaron larvas que estuvieran en el tercer estadio larval previo a pupar, esto para asegurar la homogeneidad de las pupas al momento de emerger a mosca y garantizar la fiabilidad de los resultados. Una vez que se encontraban en fase de pupa se procedió a evaluar cuatro proporciones de dosis de hembras del parasitoide *S. endius*. La primera proporción fue 1:1 en la cual se introdujeron 10 hembras del parasitoide y 10 pupas del hospedero *D. sukukii*; la segunda proporción fue 2:1 (10 pupas del hospedero *D. sukukii* y 5 hembras del parasitoide *S. endius* por vial); la tercera proporción fue 3:1 (10 pupas del hospedero y 3 individuos del parasitoide por vial). La cuarta proporción que se evaluó fue 10:1 (10 pupas del hospedero y un individuo del parasitoide por vial). Se realizaron 10 repeticiones por tratamiento.

5.10 Análisis estadístico de las dosis de parasitoide

Para corroborar los supuestos de normalidad y validar la confiabilidad del análisis se aplicó una prueba Shapiro-Wilk. Seguidamente se realizó una prueba de Levene para verificar la homogeneidad de varianzas, permitiendo confirmar si se cumplen los supuestos del ANOVA y que sus resultados se consideran estadísticamente válidos. Las hipótesis estadísticas diseñada para este ensayo fue:

- **Hipótesis nula (H_0)**

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

No hay diferencias significativas en la cantidad de moscas emergidas en los diferentes niveles de **proporción**.

- **Hipótesis alternativa (H_A)**

$$\exists i, j \quad \text{tal que } \alpha_i \neq \alpha_j$$

Al menos un grupo tiene una media significativamente diferente.

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta estudiada (proporción, larva, moscas mortalidad), se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA de una vía), seguido por una prueba Tukey HSD (Comparaciones Múltiples).

El modelo matemático del ANOVA de una vía aplicado para este caso fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Número de moscas emergidas en la j -ésima observación del i -ésimo grupo.

μ : Media general de la cantidad de mortalidad.

α_i : Efecto del nivel i de la variable categórica proporción ($i = 11, 21, 31, 101$).

$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ = Error aleatorio, que sigue una distribución normal con media 0 y varianza constante σ^2 .

Para la prueba de Tukey HSD, se evalúan las diferencias entre cada par de medias:

$$H_0 : \mu_i = \mu_j \text{ para todos los } i, j$$

$$H_A : \mu_i \neq \mu_j \text{ para al menos un par de } i, j$$

El estadístico de prueba para Tukey se calcula como:

$$Q = \frac{(\tilde{Y}_i - \tilde{Y}_j)}{\sqrt{\frac{MSE}{n}}}$$

Donde:

- $\tilde{Y}_i - \tilde{Y}_j$ son las medias de los grupos i y j .
- MSE es el Error Cuadrático Medio del ANOVA.
- n es el número de observaciones por grupo.

Si el valor de Q es mayor que el valor crítico de Tukey se rechaza la H_0 y se concluye que los grupos comparados son significativamente diferentes.

6. RESULTADOS

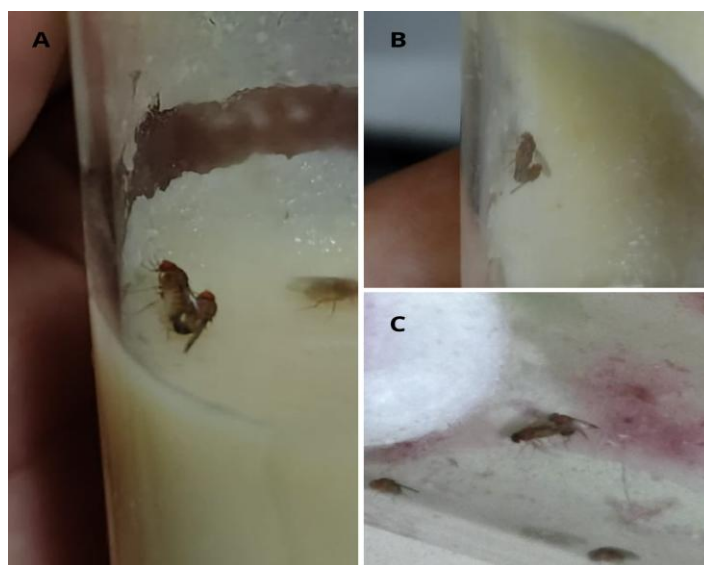
6.1 Establecimiento de pie de cría en dietas A, B y C.

Al evaluar las tres dietas A, B y C, se observó que al colocar en los viales con dieta A las parejas de moscas previamente sexadas, éstas mostraban un comportamiento inactivo y posteriormente morían a los pocos minutos de haber sido introducidas. Se realizaron múltiples repeticiones sin observar resultados favorables para la reproducción de la mosca en este medio nutritivo, por lo que se descartó el uso de moscas adultas. Se realizaron nuevas pruebas donde se colocaron larvas L3 recuperadas de frutos de campo. Estas larvas lograban llegar a la fase de pupa, pero al emerger la mosca no lograban salir por completo de la pupa y presentaron una alta mortalidad a los pocos minutos post-eclosión. Por su baja tasa de emergencia y poca viabilidad se descartó el uso de la dieta A.

Por otra parte, tanto la dieta B como la dieta C lograron proveer mejores condiciones para el desarrollo de *D. suzukii*, desde su estadio larval hasta el desarrollo de adultos. En ambas dietas fue posible observar y documentar un comportamiento sexual muy activo de los adultos, lo que se consideró favorable para la reproducción continua del pie de cría (**Figura 5**).

Figura 5.

Comportamiento sexual de la mosca D. suzukii observado en dieta B. (A y B) y en dieta C (C).



Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los datos de porcentaje de eclosión de *D. suzukii* sobre las 3 dietas, el modelo GLM con distribución binomial mostró valores en los que tanto la dieta B como la C incrementaron significativamente la probabilidad de eclosión de las pupas en comparación con dieta A ($p < 0.001$).

Se realizaron comparaciones por pares entre las dietas A, B y C, utilizando pruebas de Mann-Whitney-Wilcoxon, con corrección de Bonferroni para controlar la tasa de error tipo I. Estas comparaciones confirmaron que ambas dietas B y C fueron significativamente superiores en términos de emergencia de moscas a diferencia de la dieta A. Como se observa en la **Tabla 4**, las diferencias significativas de los pares A-B y A-C indican un bajo rendimiento de la dieta A, la cual fue descartada por su alta mortalidad de los individuos.

Tabla 4.

Comparaciones por pares entre las dietas utilizando pruebas de Mann-Whitney-Wilcoxon, con corrección de Bonferroni para el control del error tipo I.

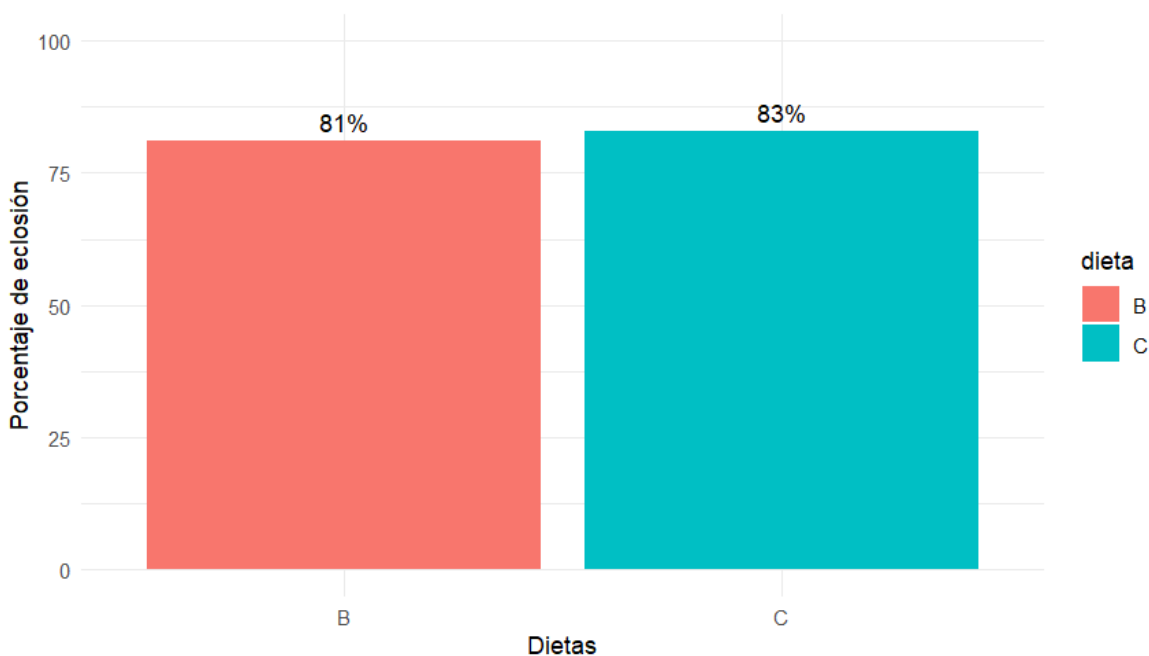
Dietas	Estadístico U	Valor p	Valor p (ajustado Bonferroni)	Significativo ($\alpha=0.05$)
A-B	0.0	0.00108	0.00324	Si
A-C	0.0	0.00214	0.00642	Si
B-C	73.5	0.954510	1.0	No

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se puede afirmar que las dietas B y C no muestran diferencias significativas entre sí ($p= 1.0$). Tanto la dieta B como la C presentaron un porcentaje de eclosión de adultos similares, siendo B un 81% y dieta C un 83% (**Figura 6**). Por ende, no se puede concretar cual dieta es más efectiva en valores de eclosión de la mosca *D. suzukii*, pero sí sugiere que en ambas se puede obtener un rendimiento óptimo para el desarrollo de *D. suzukii*.

Figura 6.

Porcentaje de eclosión de la mosca *D. suzukii* en dietas B y C.



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se realizaron pruebas para determinar los parámetros biológicos como el periodo de desarrollo larvario, tasa de crecimiento puparia, tasa de emergencia de adultos de las dietas B y C. Para ello se colocó una pareja de moscas (macho-hembra) en cada vial, se colocaron por un periodo de 48h para garantizar la copulación. Después de las 48 h de copulación se monitorizaron los viales hasta registrar la presencia de larvas en sus primeros instares larvales y se continuó monitoreando hasta observar la primera pupa.

Para la dieta B se logró completar un periodo de 7 días después de registrar la aparición de la primera pupa en cada vial, sin embargo, estos tenían presencia de contaminación. De forma similar ocurrió al repetir el procedimiento con la dieta C, donde se detectó contaminación de la dieta por un patógeno externo (levaduras). A pesar de repetir 6 veces la prueba en dieta C mejorando las técnicas de asepsia, la contaminación persistió lo cual podría comprometer la confiabilidad de los resultados. Por consecuencia no se obtuvieron resultados, debido a que no se pudo completar la evaluación de los parámetros biológicos del periodo de desarrollo larvario, tasa de crecimiento puparia y tasa de emergencia de adultos.

6.2 Bioensayos del parasitoide con *Drosophila suzukii* en condiciones de laboratorio

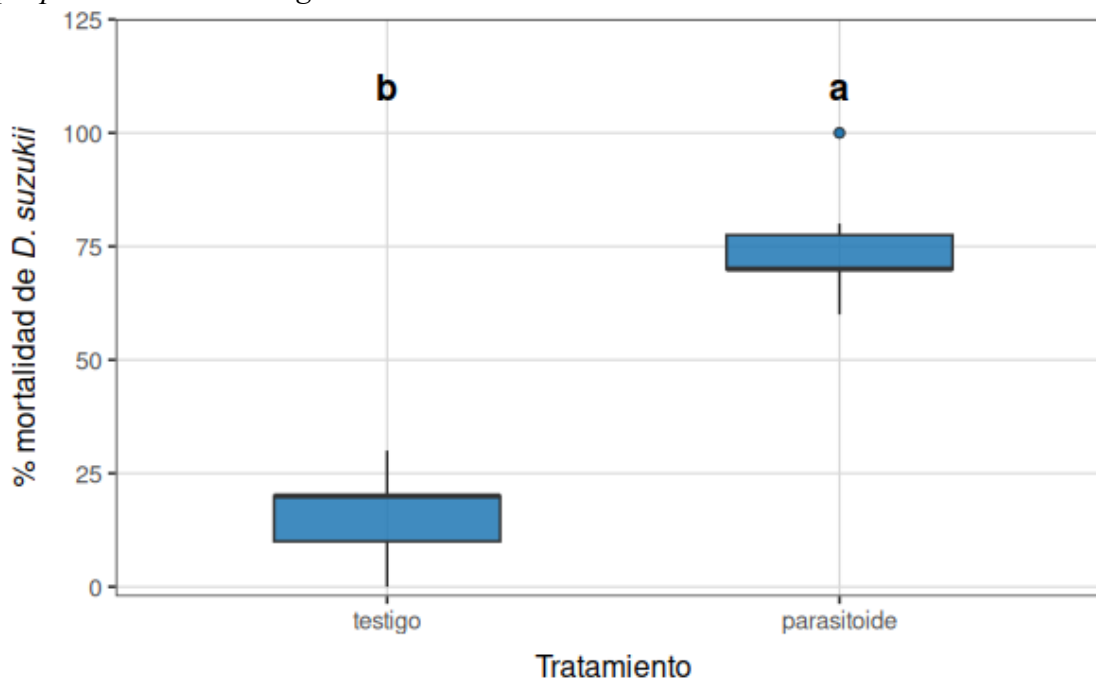
Al evaluar la efectividad del parasitoide *S. endius* en reducir la emergencia de pupas de la mosca *D. suzukii*, los resultados mostraron que la proporción 1:1 (hospedero/parasitoide) si tiene la capacidad de reducir la emergencia de la mosca en comparación con el testigo. Se observó que el testigo mostró un alto número de moscas emergidas, mientras que en el tratamiento con parasitoide se evidenció un notable incremento en la mortalidad de las pupas, dejando en evidencia el comportamiento de parasitismo de *S. endius*.

El porcentaje de mortalidad de moscas para el tratamiento 1:1 hospedero/parasitoide fue de 76%, mientras que el testigo mostró un 17%. Estos porcentajes presentan diferencias significativas estadísticamente (p-valor 0.001) al aplicar una prueba de Mann–Whitney U (Wilcoxon Rank-Sum Test) (inicialmente se ejecutó una prueba de normalidad Shapiro-Wilk, sin embargo, los datos no siguen una distribución normal (p= 0.0217)). Por ende, se evidencia que, si hay disminución en la emergencia de las moscas bajo exposición del parasitoide, es decir, las pupas de *D. suzukii* si son atractivas para el parasitoide, incluso si estas son de un tamaño relativamente pequeño.

Adicional el estimador de Hodges–Lehmann mostró un desplazamiento de 60 unidades (IC95% 50–70), evidenciando una diferencia marcada entre la mortalidad provocada por la presencia del parasitoide y la mortalidad del testigo. Es posible observar en la **Figura 7** como el indicativo de mortalidad fue mucho mayor bajo la exposición del parasitoide *S. endius*, mostrando un fuerte efecto en la mortalidad de la mosca en contraste con el grupo testigo.

Figura 7.

Boxplot de porcentaje de mortalidad de *D. sukuzii* bajo la exposición del parasitoide en proporción 1:1 vs Testigo.



Fuente: Elaboración propia.

6.3 Determinación de la dosis óptima del parasitoide *S. endius* para el manejo de *D. sukuzii*

Según las pruebas aplicadas a los datos, se determinó que éstos cumplían con los supuestos de normalidad ($p= 0.1828$) y homogeneidad de varianzas ($p= 0.116$), permitiendo afirmar que se cumplen de forma exitosa los supuestos del ANOVA y que sus resultados se consideran estadísticamente válidos. Al comparar el efecto de las diferentes proporciones hospedero/parasitoide (1:1, 2:1, 3:1, 10:1) sobre pupas de *D. sukuzii*, los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.000742$). Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula, ya que al menos un grupo tiene una media diferente al resto.

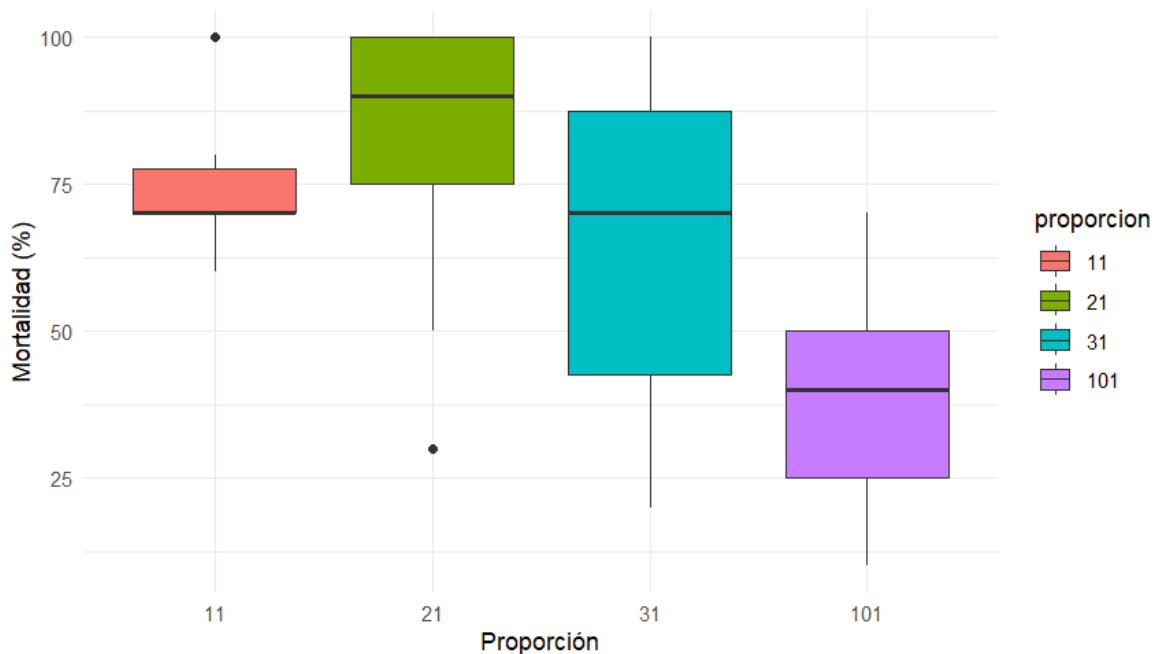
Para determinar cuál dosis fueron estadísticamente diferentes se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Los resultados mostraron que el tratamiento 1:1 en comparación con el tratamiento 10:1 muestra una diferencia significativa con un p-valor de

0.0044. De esta misma forma el tratamiento 2:1 comparado con el 10:1 también mostró una diferencia significativa con un p-valor de 0.0008.

A pesar de que esta proporción 10:1 fue la única que mostró diferencias significativas en comparación con los otros tratamientos, esta fue la que en términos biológicos tuvo menor eficacia en reducir la emergencia de la mosca *D. suzuki*. Los resultados mostraron que la dosis más baja (10 pupas de mosca por 1 parasitoide) no fue capaz de suprimir significativamente el desarrollo de la plaga en condiciones de laboratorio (**Figura 8**).

Figura 8.

Boxplot de distribución de mortalidad por proporción de pupas de mosca vs hembras de parasitoide.



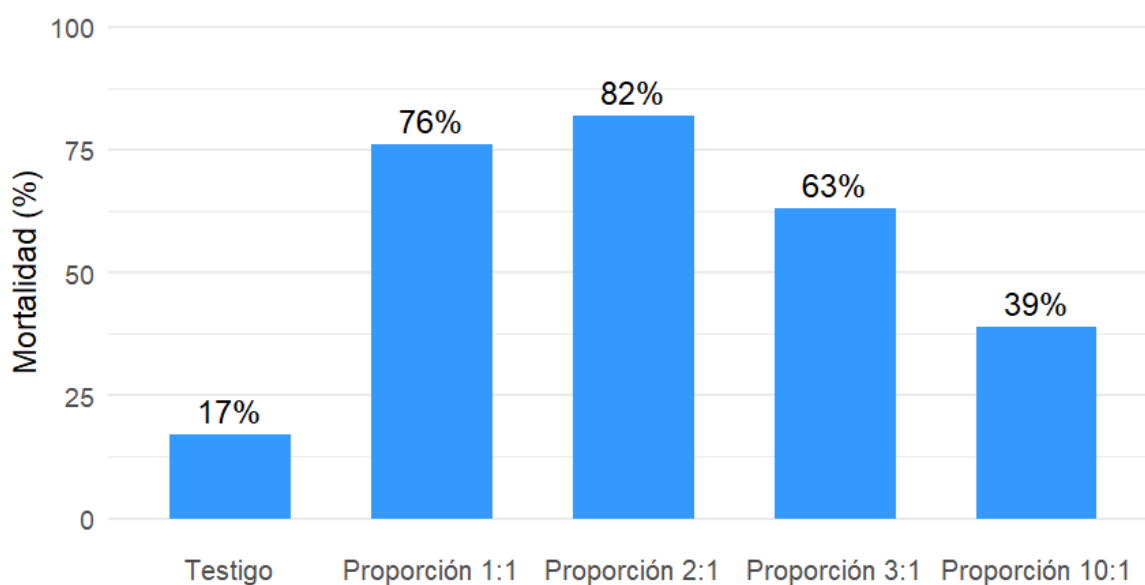
Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 9**, se evidencia que la mejor proporción es 2:1 (hospedero/parasitoide) obteniendo un porcentaje de 82% de mortalidad sobre las pupas de la mosca. Adicional la proporción 1:1 fue una de las primeras en utilizarse para observar si había un comportamiento de parasitismo, para asegurar la efectividad de las hembras de *S. endius*. Además, esta proporción 2:1 aumenta un 6% más que la proporción 1:1 y 19% más que la proporción 3:1, por lo que esta última proporción se descarta como posible opción a nivel de campo.

Además, como se observa en la **figura 9**, la proporción 10:1 mostró resultados bajos de mortalidad con un 39%, siendo poco efectiva a comparación de las otras proporciones. Este tratamiento se realizó para verificar si al exponer las pupas con menores cantidades de parasitoides podría incrementar la mortalidad de la mosca *D. suzukii*, además de ser una proporción de interés económico para replicarlo en campo.

Figura 9.

Porcentajes de mortalidad de moscas D. suzukii bajo exposición al parasitoide S. endius en diferentes proporciones hospedero/parasitoide vs testigo.



Fuente: Elaboración propia.

7. DISCUSIÓN

7.1 Evaluación de dietas A, B y C para el establecimiento del pie de cría.

El uso de dietas artificiales A, B y semi-artificial C para la cría de la mosca *D. suzukii*, tiene relevancia tanto en la parte del desarrollo biológico del insecto como también económicamente. Los resultados de esta investigación revelaron que la dieta A falló al no proveer condiciones que permitieran a las moscas adultas sobrevivir ni reproducirse en absoluto en los viales, al introducir las moscas en este medio nutritivo fue posible observar cómo su comportamiento activo se cesaba, seguido de una rápida muerte de los individuos. De igual modo se colocaron larvas L3 que a pesar de que si lograban llegar al estado de pupa dentro de la dieta, al emerger en forma de adulto morían a los pocos minutos post-eclosión.

Estos datos sugieren una posible toxicidad presente en la cantidad de los ingredientes de la dieta A. En un estudio similar realizado por Bass et al., (2007) se probaron 4 diferentes concentraciones de agar (10g/l, 15g/l, 20g/l y 25g/l), para determinar si afectaba en la esperanza de vida de la mosca y en la fecundidad de las hembras, estos autores pudieron demostrar que a medida que se incrementa la concentración de agar, disminuye significativamente la esperanza de vida e influye negativamente en la longevidad de las moscas adultas como también en la fecundidad. Estos resultados permiten asociar a la presente investigación donde se evidencia que no solo los componentes nutricionales pueden afectar a la mosca, sino que también las propiedades físicas del medio, donde al haber utilizado altas cantidades de agar en la formulación de la dieta A provocó que se endureciera más que las dietas B y C.

De esta misma forma se puede asociar la alta mortalidad en la dieta A observada en las moscas adultas por un efecto de alta toxicidad provocado por la concentración y calidad de la levadura utilizada. Se ha demostrado que la levadura en altas concentraciones puede reducir de forma importante la esperanza de vida de la mosca, estos efectos pueden estar asociados a la acumulación de compuestos químicos durante su proceso de elaboración físico (Bass et al., 2007). Estos factores pueden ser causantes de la poca actividad observada de la mosca dentro de los viales de dieta A.

En efecto las dietas B y C sí fueron exitosas para completar el ciclo de vida de *D. suzukii*, donde fue posible documentar el éxito de la cría desde los primeros estadios larvales, hasta los comportamientos sexuales de los adultos y la oviposición de las hembras, que contribuyeron al rápido establecimiento de las moscas en ambas dietas en laboratorio (Hoffmann et al, 2017). Estos comportamientos sexuales activos permiten afirmar que ambas formulaciones de las dietas B y C, se dieron las condiciones favorables para proveer los requerimientos fisiológicos de las moscas adultas, como también el buen desarrollo de las larvas. En un estudio similar realizado por Hoffmann et al., (2018), se evaluó la misma formulación de la dieta B junto a 2 dietas más, se demostró que esta formulación de la dieta B tenía un buen desempeño en el periodo de vida de huevo a adulto en comparación con las otras dietas, además los autores mencionaron que en una de las dietas evaluadas, mostró los niveles más bajos en el desarrollo de huevo hasta adulto y esto se debía a que esta dieta contenía un porcentaje de agar más alto lo que afectaba la viabilidad de las larvas. Además, se menciona que es responsable de causar efectos negativos durante la fase inmadura de *D. suzukii*.

Estadísticamente no se demostró una diferencia significativa en las tasas de emergencia de adultos entre las dietas B y C, por lo que se tomó en cuenta otros factores prácticos y económicos como el costo de elaboración de cada dieta. La dieta B resultó ser más económica en comparación con las dietas A y C, con un costo total de elaboración de ₡2427 colones de medio nutritivo, mientras que la dieta C tuvo un costo más elevado por el incremento del precio del fruto de mora (kg), su costo total fue de ₡3627 colones (**Anexo 12**). La dieta A por otra parte, además de no proveer condiciones aptas para el desarrollo de la mosca *D. suzukii*, en términos económicos es la dieta que se considera la de mayor costo de elaboración, debido al uso de altas cantidades de ingredientes como agar, etanol y ácido propiónico, su valor total fue de ₡8038 colones, triplicando su valor en comparación con la dieta B. Estos valores demuestran que la dieta B resultó ser la opción más económica de las 3 dietas, y así mismo logró obtener resultados óptimos para la cría y desarrollo de *D. suzukii* (Hoffmann et al., 2018).

A pesar de que la dieta C era más propensa a la contaminación debido al proceso de fermentación de los frutos durante los ensayos a comparación con la dieta B, esta se

seleccionó como medio nutritivo para realizar los ensayos de parasitismo con *S. endius*. Se consideró que la dieta C puede simular las condiciones de campo por su composición semi-artificial con frutos de mora y su alta reproducibilidad. La dieta C fue el medio nutritivo que presentó mayor incidencia de contaminación, crecimiento de levaduras (**Anexo 10**) y presencia de fermentación (**Anexo 11**).

Además de los problemas iniciales con las dietas, fue posible observar la presencia de ácaros de la familia **Acaridae** (cohorte Astigmatina). Así mismo se identificó en el Laboratorio de Acarología de la Universidad de Costa Rica que el ácaro contaminante presente en los viales de cría de *D. suzukii* es *Tyrophagus* sp. Por otra parte, Murillo y Aguilar (2020) mencionan que la presencia de ácaros es muy común en la cría de colonias de insectos, pero esto a su vez genera un desgaste en los individuos producido por el estrés que causan los ácaros sobre las moscas.

7.2 Bioensayos del parasitoide con *Drosophila suzukii* en condiciones de laboratorio

La exposición de las pupas de *D. suzukii* bajo el parasitoide *S. endius* en condiciones de laboratorio en una proporción 1:1 de hospedero/parasitoide mostró un 76% de mortalidad en comparación con el control testigo que mostró un porcentaje de mortalidad del 17% (**figura 8**). Lo que permite confirmar que el parasitoide si puede reducir la emergencia de mosca *D. suzukii* bajo condiciones controladas en laboratorio y que esta es sumamente alta en comparación a la mortalidad natural en el testigo. En Sur América, se ha reportado a *S. endius* parasitando de forma natural pupas de *D. suzukii* en cultivos de frutos rojos y en frutos de hueso (Gomez et al., 2021), lo que refuerza el potencial como posible enemigo natural demostrado en esta investigación. Sin embargo, esto no reemplaza la necesidad de realizar ensayos en invernaderos o en campo, pero en extensiones reducidas para verificar su eficacia.

Al observar que el nivel de mortalidad de la mosca con el efecto de la exposición al parasitoide se puede asegurar que *S. endius* tiene la capacidad de localizar pupas de menor tamaño en comparación con otras pupas de mosca de la fruta que son de un tamaño mayor (Liu et al., 2022). Este comportamiento del parasitoide sugiere que tiene un rango flexible en

la capacidad de parasitar pupas de menor tamaño, incluso una notable adaptación a diferencias morfológicas de las pupas hospederas (Zheng et al., 2021). Esta capacidad del parasitoide le asegura el éxito de establecerse en diferentes ambientes donde los hospederos varían en tamaño y por esta razón disponen de una mejor disponibilidad de supervivencia.

Se seleccionó la dieta C como base nutricional para evaluar las pruebas de parasitismo para crear o asemejar condiciones similares a campo para la mosca por el uso de frutos de mora. El grupo tratado bajo exposición al parasitoide logró demostrar que es capaz de reducir la emergencia de la mosca. Las condiciones nutricionales del hospedero pueden llegar a afectar el éxito del parasitoide (Sánchez, 2019), así como también el tamaño de las pupas hospederas, la dureza de las pupas y los nutrientes internos pueden ser muy variables dependiendo del tipo de dieta en las que se desarrollen las larvas del hospedero (Liu et al., 2022). Todo esto se puede asociar a la presente investigación en la cual la dieta administrada pudo llegar a influir en el rango de parasitismo de *S. endius* sobre las pupas de *D. suzukii*.

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que *S. endius* tiene potencial como controlador biológico sobre la mosca *D. suzukii*, sin embargo estos resultados se obtuvieron bajo condiciones de laboratorio siendo muy difícil de asegurar que los resultados serán similares en campo. Ya que existen factores abióticos como temperatura, humedad, y factores bióticos como enemigos naturales, disponibilidad de hospederos e hiperparasitismo, entre otros, que pueden llegar a afectar la eficacia del parasitoide. Rossi Stacconi et al., (2022), mencionan que la mayoría de los estudios que se han realizado son a nivel de laboratorio, esto limita la complejidad que requiere evaluarlo a nivel de campo. Esta investigación a pesar de demostrar que el parasitoide tiene un alto porcentaje de mortalidad sobre las pupas de *D. suzukii*, no puede ser tomada de referencia hasta probar diferentes proporciones de hospedero/parasitoide que permitan definir cuál proporción puede ser rentable tanto ecológicamente como económicamente, ya que liberaciones en densidades excesivas pueden llegar a ser económicamente no viables para los productores (Gómez et al., 2021).

Adicional varios estudios realizados en *D. suzukii* se han enfocado en parasitoides como *Trichopria drosophilae* and *Pachycrepoideus vindemiae*, que muestran resultados similares en el efecto en moscas de la fruta (Mariano et al., 2020; Rossi-Stacconi, 2022). Esta

investigación puede aportar nueva información que permite demostrar que el uso de *S. endius* puede llegar a ser un candidato para el manejo integrado sobre la mosca *D. suzukii*, debido a que puede causar un alto porcentaje de mortalidad evaluado en laboratorio.

En otro estudio realizado por Sánchez (2019), se evaluó la capacidad de parasitismo de *L. boulandi* and *G. brasiliensis* sobre *D. suzukii*, dicho estudio reveló que los parasitoides tienen la capacidad de parasitar las pupas, pero estos no lograban desarrollarse y completar el ciclo dentro del hospedero. Esto pudo verse influido por la condición fisiológica y composición nutricional de la pupa de la mosca, lo que se asocia con la composición de la dieta larval. Los resultados de esta investigación estaban enfocados en medir la mortalidad de las moscas, pero existe la similitud con estos parasitoides al no haber desarrollo de *S. endius* sobre las pupas de *D. suzukii*.

Estudios similares reportan que el parasitoide *S. endius* ha sido probada en otras pupas de moscas de la fruta como *Bactrocera cucurbitae*, mostrando en sus resultados una alta eficiencia en parasitismo al haber aumento en la densidad de los hospedantes, así mismo mencionan en su modo de acción que el porcentaje de parasitismo aumentó en pupas de 4 días de edad, debido a que las hembras de parasitoides seleccionan hospederos que consideren tener una mayor calidad nutricional para maximizar rendimiento y eficiencia en búsqueda de alimento (Liu et al., 2022). Vera y Ramirez (2020) también afirman que la edad del hospedero puede influir significativamente en la tasa de parasitismo, donde determinaron que pupas de *M. domestica* entre los 3 a 5 días de edad tienen un mayor porcentaje de éxito en parasitismo. Lo anterior permite respaldar los resultados obtenidos en esta investigación, donde se utilizaron larvas en estadio larval L3 para asegurar la homogeneidad de las larvas al momento de pupar. Adicional al momento de aplicar las hembras de *S. endius* las pupas tenían un rango de 3 días de edad.

Además, Zheng et al., (2021) indican que se ha evaluado la eficacia de *S. endius* en pupas de *B. dorsalis*, sin embargo para la cría del parasitoide se recomienda en pupas hospedantes de mayor tamaño como mosca doméstica. Adicional, Vera y Ramirez (2020), mencionan que *S. endius* tiene una alta adaptabilidad y un alto rango de parasitismo contra la plaga *Musca domestica* bajo condiciones controladas en laboratorio. Asimismo, en esa investigación se demostró que el porcentaje de parasitismo aumentó hasta un 80% bajo

temperaturas de 26°C y con una humedad relativa de 73°C, y en condiciones naturales raramente excede un 35% de parasitismo. Estos resultados se relacionan con la presente investigación donde se mantuvieron condiciones controladas de temperatura y humedad similares, que pudieron aumentar el porcentaje de parasitismo y las tasas altas de mortalidad en *D. suzukii*.

7.3 Dosis óptima del parasitoide *S. endius* para el manejo de *D. suzukii*

Estadísticamente se demostró que la aplicación de altas o bajas proporciones de hospedero/parasitoide puede llegar a influir significativamente en la eficacia del parasitoide *S. endius* sobre la mosca *D. suzukii*. Los resultados obtenidos en esta investigación mostraron que la proporción 2:1 es la mejor funciona ya que puede suprimir la emergencia de la mosca hasta un 82%, en comparación con la proporción 1:1 con un 76%. Al contrario, la proporción 10:1 mostró un 39% de mortalidad sobre las pupas, siendo esta la de menor eficacia en comparación a los demás tratamientos. Estos resultados permiten afirmar que bajo condiciones controladas en laboratorio la proporción 2:1 es la más efectiva.

La proporción 10:1 (10 hospedero por un parasitoide) al contrario de las otras proporciones fue la que presentó los niveles más bajos de parasitismo, esta no fue capaz de suprimir la emergencia de la mosca *D. suzukii* por encima de un 50% en laboratorio. Sin embargo, es la que económicamente resulta más atractiva para replicarse a nivel de campo, ya que tiene como ventaja aplicar menos individuos por unidad de superficie y como resultado se reducen los gastos operativos.

Por otra parte, es posible que las liberaciones del parasitoide en bajas densidades pueden llegar a dar resultados negativos y un posible incremento en la pérdida de frutos. En estudios realizados sobre el uso de programas de control biológico (LeBeck y Leppla, 2021), se mencionó que el éxito de estos programas va a depender de factores como el momento de la aplicación, la frecuencia de las aplicaciones y de su integración en el campo, más que de la cantidad que sea liberada. Tanto la proporción 2:1 como 10:1 deben ser evaluadas en pruebas piloto para poder determinar si en campo puede ser efectivo al replicarlo.

En un estudio realizado por Zuñiga y Romero (2022), se evaluó la capacidad de parasitismo de *S. endius* sobre pupas de *Stomoxys calcitrans*. Estos autores utilizaron pupas de la mosca *Ceratitis capitata* como hospedero para el parasitoide, para posteriormente ser liberados en campo y registrar la eficacia sobre *S. calcitrans*. Para ello evaluaron diferentes proporciones (1:10, 1:15 y 1:20), donde la proporción 1:10 (parasitoide: hospedero) reportó un 94% de parasitismo evidenciando la capacidad de búsqueda del hospedero como comportamiento del parasitoide y la habilidad de parasitar pupas a diferentes profundidades del suelo. A pesar de haberse evaluado en diferentes especies hospedadoras, existen similitudes con los hallazgos de esta investigación como el desempeño que muestra *S. endius* al ser aplicado en diferentes densidades sobre el hospedero.

Zuñiga y Romero (2022) mencionan que la proporción 10:1 (parasitoide: hospedero) fue la que logró suprimir la emergencia de *S. calcitrans*, lo que demuestra la adaptabilidad que presenta *S. endius* a diferentes ambientes y hospedadores. Si bien en el presente estudio se utilizó un hospedador diferente donde la proporción con mejor resultado fue 2:1 (hospedador/parasitoide), se observa un patrón de similitud al haber utilizado proporciones intermedias del parasitoide, donde se logró un rango de mortalidad óptimo, sin embargo esta investigación fue bajo condiciones en laboratorio, por lo que se puede esperar que al replicarse en condiciones de campo su porcentaje de mortalidad sea diferente y su eficacia dependa más de condiciones ambientales, heterogeneidad de cultivo y de disponibilidad del hospedero.

De manera similar Treviño (2018) realizó evaluaciones del uso de *S. endius* sobre rastrojos de piña para la mosca *S. calcitrans*, donde menciona que el éxito de parasitismo sobre las pupas y reducción de emergencia de las moscas puede ser altamente influenciado por las condiciones ambientales de humedad, temperatura, así como también la estructura física del sustrato en que se encuentren las pupas. Existen factores que se relacionan con esta investigación, una de ellas son las condiciones de laboratorio que pueden influir en la capacidad de parasitismo de *S. endius* donde puede ser más favorable que en condiciones de campo, debido a que las condiciones de humedad y temperatura son más estables y controlables que en condiciones reales en campo.

8. CONCLUSIONES

En resumen, esta investigación evidenció la importancia de establecer un pie de cría de la mosca *D. suzukii* en condiciones de laboratorio mediante el uso de dietas artificiales. Factores como la composición de los ingredientes de la dieta llegan a ser cruciales para un sano desarrollo de la colonia, ya que el contenido nutricional de la dieta influye directamente en el desarrollo larval, formación de las pupas y en la emergencia de los adultos. La calidad de los ingredientes no solo influye en las diferentes fases fisiológicas del hospedero, sino que también en la precisión de las repeticiones realizadas en los ensayos de parasitismo, esto al tener disponibilidad de individuos con la cría continua del hospedero.

En base a los resultados de las evaluaciones de las dietas A, B y C, se demostró que la dieta A fue la que en términos biológicos no cumplía para establecer un pie de cría por presentar alta mortalidad de las moscas. Por otra parte, de las dietas B y C no se obtuvo diferencias significativas en el porcentaje de mortalidad que permitiera demostrar cual dieta era mejor, ambas dietas compartían ingredientes base por lo que su formulación era muy similar. La dieta C contenía frutos de mora como ingrediente adicional, lo que pudo influir en que fuera más susceptible a procesos de fermentación, contaminación y crecimiento de levaduras.

Los bioensayos realizados con las hembras de *S. endius* demuestran que al aplicarle el tratamiento 1:1 (hospedero/parasitoide) se obtuvo un 76% de mortalidad de *D. suzukii* y en el testigo un porcentaje de mortalidad de 17%. Lo que permitió demostrar que el parasitoide si es capaz de suprimir la emergencia de la mosca en condiciones de laboratorio. Además, se evidenció en su comportamiento que tiene la capacidad de reconocer las pupas de *D. suzukii* como un posible hospedero, a pesar de no ser originalmente una especie hospedera de *S. endius*.

Las evaluaciones realizadas con diferentes proporciones de parasitoides revelaron que la proporción 2:1 fue la que presentó mejores resultados seguido de la proporción 1:1. Por otra parte la proporción 3:1 y 10:1 fueron los tratamientos que presentaron una baja tasa

de mortalidad, dejando en evidencia que en condiciones de laboratorio la densidad del hospedador puede influir en la respuesta del parasitoide.

9. RECOMENDACIONES

Inicialmente se recomienda la implementación de trampas centinelas en fincas de mora con presencia de la plaga *D. suzukii*, para valorar si existen parasitoides nativos en la zona. El uso de este método de trapeo se ha utilizado en diversos cultivos y diferentes plagas, estas trampas se colocan estratégicamente en diferentes puntos del cultivo donde se colocan pupas de *D. suzukii* para atraer a posibles parasitoides nativos que puedan estar atacando la plaga de forma natural.

Por otra parte, la ventaja de identificar posibles parasitoides nativos es que puede contribuir a reducir la dependencia comercial de continuas liberaciones del parasitoide *S. endius*. Este tipo de prácticas proveen de información valiosa acerca de la presencia de más insectos benéficos que ayudan a combatir y manejar plagas. Además, que reduce el uso de insecticidas y agroquímicos perjudiciales para la salud humana.

Además, se recomienda el uso de medios nutritivos para el desarrollo de las larvas y moscas que no estén hechos a base de levaduras, ya que suelen presentar problemas de contaminación por el crecimiento de diferentes hongos y levaduras. El uso de dietas más sólidas puede llegar a incrementar la supervivencia de las larvas y proveer un medio más homogéneo para la realización de bioensayos con el parasitoide.

La detección de ácaros en la cría de insectos es muy común y afecta seriamente el desarrollo de las larvas, pupas y adultos, por consecuente variaciones en los resultados. Por esta razón se recomienda retirar los viales con mayor porcentaje de infestación, limpiar las superficies del laboratorio y herramientas con alcohol de 70%. Además, limpiar las superficies que están en contacto con los viales y cambiar los tapones de algodón que se colocan como tapa en los viales con mayor frecuencia. Mantener una adecuada limpieza y la esterilización constante del equipo de laboratorio utilizado. Se sugiere adicional realizar un protocolo de desinfección dejando los viales, pinzas y otros instrumentos en remojo en una mezcla de hipoclorito de sodio al 3% durante 24h, para eliminar la presencia de

microorganismos como hongos, levaduras o bacterias, también para matar huevos de ácaros que puedan quedar dentro en los viales.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abram, P., McPherson, A., Kula, R., Hueppelsheuser, T., Thiessen, J., Perlman, S., Curtis, C., Fraser, J., Tam, J., Carrillo, J., Gates, M., Scheffer, S., Lewis, M., & Buffington, M. (2020). New records of *Leptopilina*, *Ganaspis*, and *Asobara* species associated with *Drosophila suzukii* in North America, including detections of *L. japonica* and *G. brasiliensis*. *Journal of Hymenoptera Research*, 78, 1-17. <https://doi.org/10.3897/jhr.78.55026>
- Aceituno, M., Ordoñez, A., Carrasco, M., Montoya, P., & Hernández, E. (2020). Mass rearing, quality parameters, and bionconversion in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) for sterile insect technique purposes. *Journal of Economic Entomology*, 113(3), 1097-1104. https://dteisartec.senasica.gob.mx:8080/biblioteca/libros/articulos/Marysol%20Aceituno%20Medina_et.al_2020_3%20.pdf.pdf
- Agroreview. (2025). Peru maintains status as world leader in blueberry exports in 2025. <https://agroreview.com/en/newsen/crops/peru-maintains-status-world-leader>
- Aly, M., Burrack, H., & Isaacs, R. (2024). Developing an artificial diet for rearing *Ganaspis brasiliensis* (Hymenoptera: Figitidae) on spotted-wing drosophila. *Annals of the Entomological Society of America*, 118(1), 88–99. <https://doi.org/10.1093/aesa/saae039>
- Aly, M., Kraus, D., & Burrack, H. (2017). Effects of postharvest cold storage on the development and survival of immature *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in artificial diet and fruit. *Journal of economic entomology*, 110(1), 87-93. <https://doi.org/10.1093/jee/tow289>
- Araújo, D., Krüger, R., & Ribeiro, P. (2012). Phenology of *Spalangia endius* Walker (Hymenoptera, Pteromalidae) in pupae of *Musca domestica* Linnaeus (Diptera, Muscidae) under laboratory conditions. *Revista Brasileira de Entomologia*, 56, 504-507.

<https://www.scielo.br/j/rbent/a/vhDZHQX96NVxm8TXgpYM36C/?lang=en&format=html>

- Arrubla J., Correa, C., Cardona, N., & Guerrero, G. (2022). Determinación de la actividad antioxidante de desechos agrícolas de poda de cultivos de mora de castilla *Rubus glaucus* benth con y sin espina. En E. Serna (Ed.), *Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era*, (pp. 215-226). Instituto Antioqueño de Investigación. https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Serna-M/publication/366642255_Ciencia_Transdisciplinar_en_la_Nueva_Era/links/63ac479f097c7832ca720c06/Ciencia-Transdisciplinar-en-la-Nueva-Era.pdf#page=228
- Asplen, M., Anfora, G., Biondi, A., Choi, D. S., Chu, D., Daane, K., Gibert, P., Gutierrez, A., Hoelmer, K., Hutchison, W., Isaacs, R., Jiang, Z., Karpati, Z., Kimura, M., Pascual, M., Philips, C., Plantamp, C., Ponti, L., Vetek, L., Vogt, H., Walton, V., Yu, Y., Zappala, L., & Desneux, N. (2015). Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *Journal of Pest Science*, 88, 469-494. https://www.researchgate.net/publication/280532047_Invasion_biology_of_spotted_wing_Drosophila_Drosophila_suzukii_a_global_perspective_and_future_priorities
- Barrera, J., Moncayo, I., Cruz, D., Pinzón, J., Gómez, J., & Moreno, H. (2020). Caracterización fenotípica y organoléptica de mora (*Rubus* spp) cultivadas en el Área Metropolitana de Bucaramanga, Santander. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1413/Art.Caracterizaci%C3%B3n%20fenot%C3%ADpica%20y%20organol%C3%A9ptica%20de%20la%20mora.pdf?sequence=1>
- Bass, T., Grandison, R., Wong, R., Martinez, P., Partridge, L., & Piper, M. (2007). Optimization of dietary restriction protocols in *Drosophila*. *The Journals of Gerontology: Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 62(10), 1071–1081. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4335187/pdf/emss-62041.pdf>
- Bennardo, L., Kreiman, L., Gandini, L., Rondón, J., Turdera, L., Hurtado, J., & Hasson, E. (2021). First record of spotted-wing *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Martín García Island wildlife refuge, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica*

Argentina, 80(3), 53-57.

<https://www.redalyc.org/journal/3220/322068378006/322068378006.pdf>

- Buonocore, M. J., Suárez, L., Kirschbaum, D., García, F., Funes, C., & Ovruski, S. (2022). Natural parasitism influences biological control strategies against both global invasive pests *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), and the neotropical-native pest *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Environmental Entomology*, 51(6), 1120-1135. <https://academic.oup.com/ee/article-abstract/51/6/1120/6775015?login=false>
- Carvajal, S. (2022). Estatus fitosanitario del barrenador del tallo en el cultivo de mora-uva (*Rubus robustus* C. Presl), en el municipio de Pamplona, Norte de Santander. Universidad de Pamplona. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/3120/1/Carvajal_2021_TG...pdf
- Castillero, S. (2022). Frutos rojos en la era global: temporalidad, migración e inestabilidad. *ANDULI, Revista Andaluza de Ciencias Sociales*, (22), 13-30. <https://revistascientificas.us.es/index.php/anduli/article/view/18029/19210>
- Castillero, S. (2023). Impactos y agencias desde la globalización alimentaria: Una etnografía del sector del fruto rojo en la provincia de Huelva [Tesis doctoral]. Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/89755/86899.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Castro, J., y Cerdas, M. (2005). Mora (*Rubus* spp.) cultivo y manejo post cosecha. Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-8862.pdf>
- Chacón, R., Gonzalez, A., Alvarado, L., & González, F. (2024). Report of the establishment of *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) in Central America. *Entomological Communications*, 6, ec06003-ec06003. <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec06003>
- Cini, A., Anfora, G., Escudero, L.A., Grassi, A., Santosuosso, U., Seljak, G. & Papini, A. (2014). Tracking the invasion of the alien fruit pest *Drosophila suzukii* in Europe.

- Journal of Pest Science*. 87. 10.1007/s10340-014-0617-z.
file:///C:/Users/emma_/Downloads/97Cinietal.2014JPestScience.pdf
- Daane, K., Wang, X., Biondi, A., Miller, B., Miller, J., Riedl, H., Shearer, P., Guerrieri, E., Giorgini, M., Buffington, M., Achterberg, K., Song, Y., Kang, T., Yi, H., Jung, C., Woon, D., Chung, B., Hoelmer, K. & Walton, V. (2016). First exploration of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents. *Journal of Pest Science*, 89, 823-835. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0740-0>
- Dagatti, C., Marcucci, B., Herrera, M., & Becerra, V. (2018). Primera detección de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) en frutos de zarzamora en Mendoza, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 77(3), 1-5. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0373-56802018000300004&script=sci_arttext#bookmark7
- Dalton, D., Walton, V., Shearer, P., Walsh, D., Caprile, J., & Isaacs, R. (2011). Laboratory survival of *Drosophila suzukii* under simulated winter conditions of the Pacific Northwest and seasonal field trapping in five primary regions of small and stone fruit production in the United States. *Pest Management Science*, 67(11), 1368-1374. <https://doi.org/10.1002/ps.2280>
- Emiljanowicz, L., Ryan, G., Langille, A., & Newman, J. (2014). Development, reproductive output and population growth of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on artificial diet. *Journal of Economic Entomology*, 107(4), 1392-1398. <https://doi.org/10.1603/EC13504>
- Escudero, L. (2016). Métodos de control para *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae); una nueva plaga de frutales que se está extendiendo mundialmente. *Revista agronómica del noroeste argentino*, 36(1), 19-31. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-369X2016000100002&lng=es&tlng=es.
- Esteban, J. (2020). Parámetros demográficos de *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera: Diapriidae) en tres huéspedes diferentes [Tesis de Maestría, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas].

- http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4291/Esteban_Santiago_JM_MC_F_Entomologia_Acarologia_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Falagiarda, M., & Schmidt, S. (2020). Releases of *Trichopria drosophilae* on cherry, in three locations at different altitudes in South Tyrol (northeastern Italy) and its potential to parasitize *Drosophila suzukii*. *Laimburg Journal*.
<https://doi.org/10.23796/LJ/2020.006>
- Fischer, G., Miranda, D., Magnitskiy, S., Balaguera, H., & Molano, Z. (2021). Avances en el cultivo de las berries en el trópico. *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas*.
https://www.researchgate.net/publication/356760922_Avances_en_el_cultivo_de_las_berrys_en_el_tropico#fullTextFileContent
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/International Atomic Energy Agency (IAEA). (2022). Guidelines for mass rearing and irradiation of *Drosophila suzukii* for sterile insect technique application. Vienna, Austria. 29 pp.
<https://www.iaea.org/sites/default/files/massrearing-and-irradiation-swd.pdf>
- Franco, G., & Bernal, J. A., Tamayo, Á., Tamayo, P., Orrego, C., ... & Cotes, A. (2020). Tecnología para el cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA.
<https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403251>
- Funes, C., Kirschbaum, D., Escobar, L., & Heredia, A. (2018). La mosca de las alas manchadas, *Drosophila suzukii* (Matsumura), nueva plaga de las frutas finas en Argentina. (1a ed.) Ediciones INTA.
https://www.researchgate.net/publication/325206751_La_mosca_de_las_alas_manchadas_Drosophila_suzukii_Matsumura_nueva_plaga_de_las_frutas_finas_en_Argentina
- Gallardo, F., Reche, V., Margaría, C., Aquino, D., Ansa, M.A., Dettler, M.A., Vazquez, F, Barrientos, G., Santadino, M., Martínez, E., & Riquelme, M. (2022). Survey of potential parasitoids (Hymenoptera) of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Buenos Aires province, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 81(1), 71-78.
https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802022000100071&lng=es&tlng=en

- García, M. D., Gonzalez, A., González, J., Moreno, G., Sánchez, J., & Arredondo, H. (2015). Parasitoides de *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) en Colima, México. *Southwestern Entomologist*, 40(4), 855–858. <https://doi.org/10.3958/059.040.0418>
- Garrido, S., Cichón, L., Lago, J., Gallardo, F., & Navarro, M. (2018). Primer registro de *Leptopilina bouvardi* (Hymenoptera: Figitidae) asociado a *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Patagonia, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 77(2), 1-8. <https://www.scielo.org.ar/pdf/rsea/v77n2/v77n2a02.pdf>
- Gibson, G. (2009). Revision of new world *spalangiinae* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Zootaxa*, 2259(1), 1-159. https://www.researchgate.net/publication/271196433_Revision_of_New_World_Spalangiinae_Hymenoptera_Pteromalidae
- Girod, P., Borowiec, N., Buffington, M., Chen, GH., Fang, Y., Kimura, MT., Peris-Felipo, FJ., Ris, N., Wu, H., Xiao, C., Zhang, JP., Aebi, A., Haye, T., & Kenis, M. (2018). El complejo parasitoide de *D. suzukii* y otras especies de *Drosophila* que se alimentan de frutas en Asia. *Scientific Reports*, 8(1) e11839. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30087364/>
- Gómez, A. (2020). Efecto de extractos de chicalote (*Argemone pleiacantha* Greene) en el control de *Melanaphis sacchari* Zehntner y *Drosophila suzukii* Matsumura [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo]. https://repositorio.chapingo.edu.mx/bitstream/handle/20.500.12098/793/mcrnma_ghal_20.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Gómez, C., Garrido, S., Aquino, D., Corley, J., & Cichón, L. (2021). Primer registro de *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae) asociado a *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) en cultivos de fruta fina y de carozo de la Patagonia Norte (Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 80(2), 48-52. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802021000200048

- Gonzalez, J. (2023). Evaluación de dos atrayentes para el control del *Drosophila suzukii* en frambuesa (*Rubus idaeus*) en Sayula, Jalisco. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/5720>
- Hipo, P. (2021). Estudio de una mezcla de sacarosa más mora (*Rubus glaucus*) liofilizada para su aplicación en la industria alimentaria. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15529>
- Hoffmann, D., Wollmann, J., Krüger, A., Martins, L., Santos, F., & Mello, F. (2017). Rearing method for *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) on artificial culture media. *Drosoph. Inf. Serv.*, 100, 185-189. https://www.researchgate.net/publication/322571068_Rearing_method_for_Drosophila_suzukii_and_Zaprionus_indianus_Diptera_Drosophilidae_on_artificial_culture_media#fullTextFileContent
- Hoffmann, D., Wollmann, J., Krüger, A., Medeiros, A., Bernardi, D., & Mello, F. (2018). Biology and fertility life table of *Drosophila suzukii* on artificial diets. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166 (11-12), 932-936. DOI:[10.1111/eea.12736](https://doi.org/10.1111/eea.12736)
- Jaramillo, S., Mehlferber, E., & Moore, P. (2015). Life-history trade-offs under different larval diets in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Royal Entomological Society. <https://doi.org/10.1111/phen.12082>
- Jiménez, E., & Laguna, R. (2008). Insectos plagas y enfermedades asociadas a los cultivos de mora y fresa. Guía técnica. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI. <https://repositorio.una.edu.ni/2419/>
- Kirschbaum, D. (2022). Manejo, recolección y calidad de la fresa. SPE3 (España). https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12069/INTA_CRTucu_man-Santiago_EEAFamailla_Kirschbaum_DS_Manejo_recoleccion_y_calidad_fresa.pdf?sequence=1
- Kirschbaum, D., Funes, C., Buonocore, M., Suárez, L., & Ovruski, S. (2020) The biology and ecology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Drosophila suzukii Management* (ed. Mello Garcia, F.R.), pp. 41-92. Ediciones INTA. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-62692-1>

- LeBeck, L., & Leppla, N. (2021). Guidelines for purchasing and using commercial natural enemies and biopesticides in North America (IPM-146). University of Florida, IFAS Extension. <https://journals.flvc.org/edis/article/view/127380/129345>
- Liu, J.F., Wu, C.X., Idrees, A., Zhao, H.Y., & Yang, M.F. (2022). Effects of host ages and release strategies on the performance of the pupal parasitoid *Spalangia endius* on the melon fly *Bactrocera cucurbitae*. *Agriculture*, 12(10), 1629. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101629>
- Mariano, A., Vázquez, Y., Martínez, A. M., Rebollar, A., Figueroa, J. I., Morales, S., Viñuela, E., & Pineda, S. (2020). Biological traits of a *Pachycrepoideus vindemiae* Mexican population on the host *Drosophila suzukii*. *Bulletin of Insectology*, 73(2). <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20210007906>
- Martínez, A., Cardozo, A., Masciocchi, M., Fischbein, D., Germano, M. D., Chillo, M. V., ... & Garis, G. (2022). La mosca de las alas manchadas *Drosophila suzukii* en la Comarca Andina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. EEA Bariloche. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/12751>
- Matsuo, K. (2020). Detection of *Spalangia* (Hymenoptera: Pteromalidae) attacking *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) and their potential significance in the Japanese cattle industry. *Applied entomology and zoology*, 55, 83-91. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13355-019-00656-8>
- Mendoza, M., Contreras, Y., Sánchez, J., & Gonzalez, J., & Arredondo, H. (2018). Colecta de pupas de *Drosophila suzukii* en dieta de germen de trigo, por lavado en agua. *Southwestern Entomologist*. 43. 1003-1007 <https://doi.org/10.3958/059.043.0417>
- Molina, L. (2020). Alianza de “moreros” con la UCR aumenta su productividad hasta un 75%. Seminario Universidad. <https://semanariouniversidad.com/suplementos/alianza-de-moreros-con-la-ucr-aumenta-su-productividad-hasta-un-75/>
- Moposita, D., Mejía, A. B., Davalos, G., & Escobar, J. (2023). Bebida a base de productos infrautilizados de zanahoria (*Daucus carota*), remolacha (*Beta vulgaris*) y mora (*Rubus glaucus*) por liofilización. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 8(3), 4. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/5356/13143>

- Moreau, S., Dingremont, A., Doury, G., & Giordanengo, P. (2002). Effects of parasitism by *Asobara tabida* (Hymenoptera: Braconidae) on the development, survival and activity of *Drosophila melanogaster* larvae. *Journal of insect physiology*, 48(3), 337–347. [https://doi.org/10.1016/s0022-1910\(02\)00051-3](https://doi.org/10.1016/s0022-1910(02)00051-3)
- Nikolouli, K., Sassù, F., Ntougias, S., Stauffer, C., Cáceres, C., & Bourtzis, K. (2021). *Enterobacter* sp. AA26 as a Protein Source in the Larval Diet of *Drosophila suzukii*. *Insects*, 12(10), 923. https://www.researchgate.net/publication/355184414_Enterobacter_sp_AA26_as_a_Protein_Source_in_the_Larval_Diet_of_Drosophila_suzukii
- Nolasco, N., y Lannacone, J. (2008). Fluctuación estacional de moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) en trampas Mcphail en Piura y en Ica, Perú. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), vol. 24, núm. 3, pp. 33-44. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. <https://www.redalyc.org/pdf/575/57524303.pdf>
- Observatory of Economic Complexity. (2024). Arándanos rojos, mirtilos y demás frutos del género “*Vaccinium*”, frescos. https://oec.world/es/profile/hs/cranberries-bilberries-similar-fruits-fresh?utm_source=chatgpt.com
- Pérez, C., Planes, L., Urbaneja, A. & Beitia, F. (2013). Primera detección de *Drosophila suzukii* (Matsumura), la drosófila de las alas manchadas, en la Comunidad Valenciana. *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura*, 32(368), 293-297. https://www.researchgate.net/publication/265979595_Primer_a_deteccion_de_Drosophila_suzukii_Matsumura_la_drosofila_de_las_alas_manchadas_en_la_Comunidad_Valenciana?enrichId=rgreq-7eea6c79c3fc968a049722d9afaf2ae5-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI2NTk3OTU5NTtBUzo5OTcyNDY4MDM5MDY1NzBAMTYxNDc3MzU3NDM4Mw%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
- Pérez, W., Sánchez, J., Cruz, J., Gómez, L., Pérez, E., González, J., & Arredondo, H. (2021). "Variables biológicas relacionadas con la cría masiva de *Trichopria drosophilae*, principal parasitoide de *Drosophila suzukii*." *Southwestern Entomologist* 45(4), 985-996. <https://doi.org/10.3958/059.045.0417>

- PROCOMER. (2020). Mora, cúrcuma y subproductos de yuca con oportunidades para la diversificación del sector agroalimentario costarricense. <https://www.procomer.com/noticia/exportador-noticia/mora-curcuma-y-subproductos-de-yuca-con-oportunidades-para-la-diversificacion-del-sector-agroalimentario-costarricense/>
- Reche, V., Gallardo, F., Funes, C., Escobar, L., Ovruski, S., & Kirschbaum, D. (2021). A new species of *Dieucoila* (Hymenoptera Figitidae) associated with *Drosophila suzukii* (Diptera Drosophilidae) in Argentina. *Bulletin of Insectology*. 74. 11-18. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/135266/CONICET_Digital_Nro.0a_e01220-3b99-4406-acc-919a71f3ddef_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Rojas, E., Andrade J., Concha, C., y Astudillo, F. (2019). Manual de reconocimiento. Estados de desarrollo de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) y otras especies del género, comunes en el sur de Chile. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Primera edición. 76 pp. https://www.sag.cl/sites/default/files/manual_reconocimiento_drosophila_suzukii.pdf
- Rossi-Stacconi, M., Grassi, A., Dalton, D., Miller, B., Ouantar, M., Loni, A., Loriatti, C., Walton, V., & Anfora, G. (2013). First field records of *Pachycrepoideus vindemiae* as a parasitoid of *Drosophila suzukii* in European and Oregon small fruit production areas. *Entomologia*, 1(3), 11-16. https://www.researchgate.net/publication/255719907_First_field_records_of_Pachycrepoideus_vindemiae_as_a_parasitoid_of_Drosophila_suzukii_in_European_and_Oregon_small_fruit_production_areas
- Rossi-Stacconi, M., Wang, X., Stout, A., Fellin, L., Daane, K., Biondi, A., Stahl, J., Buffington, M., Anfora, G., & Hoelmer, K. (2022). Methods for rearing the parasitoid *Ganaspis brasiliensis*, a promising biological control agent for the invasive *Drosophila suzukii*. *J. Vis. Exp.* (184), 63898. <https://doi.org/10.3791/63898>
- Sánchez, J. (2019). Interacción de dos parasitoides (Hymenoptera: Figitidae) sobre *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) en México [Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Instituto de Enseñanza e Investigación de Ciencias Agrícolas]. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/4212>

- Santadino, M., Riquelme, M.B., Ansa, M.A., Bruno, M., Di Silvestro, G., & Lunazzi, E. (2015). Primer registro de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) asociado al cultivo de arándanos (*Vaccinium* spp.) de Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 74(3-4), 183-185. <https://www.scielo.org.ar/pdf/rsea/v74n3-4/v74n3-4a09.pdf>
- Secretaría Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2019). *Mosca del vinagre de alas manchadas Drosophila suzukii* Matsumura: Ficha Técnica No. 7. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Mosca%20del%20vinagre%20de%20alas%20manchadas.pdf>
- Shimbori, E., Costa, V.A., & Zucchi, R. (2020). Annotated checklist and illustrated key to parasitoids (Hymenoptera: Diapriidae, Eulophidae and Pteromalidae) of fruit flies (Diptera, Tephritidae) in Brazil. *Zootaxa*, 4858(1), 53–70. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4858.1.3>
- Treviño, J. (2018). Control biológico de *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus) (Diptera: Muscidae) en rastrojos de piña, con el parasitoide *Spalangia endius* (Walker) (Hymenoptera: pteromalidae) como parte del manejo agroecológico de plagas, en Pital de San Carlos, Costa Rica. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14235?show=full>
- Vásquez, J.F. (2024). Análisis de la migración y distribución de *Drosophila suzukii* en Costa Rica con trampas y determinación de relaciones filogenéticas. Universidad Nacional de Costa Rica. <https://repositorio.una.ac.cr/items/282067d8-755d-4989-a72b-91f5adaa6bbd>
- Vázquez, Y., Escalante, A., Figueroa, J., Revollar, A., Valdez, J., Chavarrieta, J., y Pineda, S. (2014). Biología de la mosca de las alas manchadas, *Drosophila suzukii* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE). *Entomología Mexicana*. 1: 715– 719. <https://acaentmex.org/entomologia/revista/2014/EA/128.pdf>
- Vega, B. (2023). Identificación de las moscas de la fruta (*Anastrepha* spp.) y sus parasitoides en la ruta Tingo María–Pumahuasi, Huánuco. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4969fb14-d303-4c1e-b083-9fcea73f66f6/content>

- Vera, V., y Ramírez, R. (2022). Eficacia del parasitoide *Spalangia endius* W., 1839 (Microhymenoptera: pteromalidae) para el control de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) en condiciones de laboratorio, Cusco. *Q'EUÑA*, 13(2), 16-20. <https://doi.org/10.51343/rq.v13i2.1096>
- Walsh, D., Bolda, M., Goodhue, R., Dreves, A., Lee, J., Bruck, D., Walton, V., O'Neal, S., & Zalom, F. (2011). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *Journal of Integrated Pest Management*, 2(1), G1-G7. <https://doi.org/10.1603/IPM10010>
- Zheng, Y., Song, Z.W., Zhang, Y.P., & Li, D.S. (2021). Ability of *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae) to parasitize *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) after switching hosts. *Insects*, 12(7), 613. <https://doi.org/10.3390/insects12070613>
- Zumba, J. (2022). Manejo agro-técnico del cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus*), en la sierra ecuatoriana [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de BABAHOYO UTB]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11297/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000350.pdf?sequence=1>
- Zumbado, M., y Azofeifa, D. (2018). Insectos de importancia agrícola. Guía básica de entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>
- Zuñiga, A., y Romero, R. (2022). Cría de *Spalangia endius* (Pteromalidae) haciendo uso de un hospedero alternativo y evaluación de su parasitismo bajo condiciones de campo sobre *Stomoxys calcitrans* (Muscidae) en Costa Rica. *Repertorio Científico*, 25(1), 111–127. <https://doi.org/10.22458/rc.v25i1.3405>

11. ANEXOS



Anexo 1. (A) Caja entomológica. **(B)** Interior de caja entomológica con viales con dieta C.
(C) Cajas entomológicas seleccionadas para cada dieta.

Fuente: Elaboración propia.



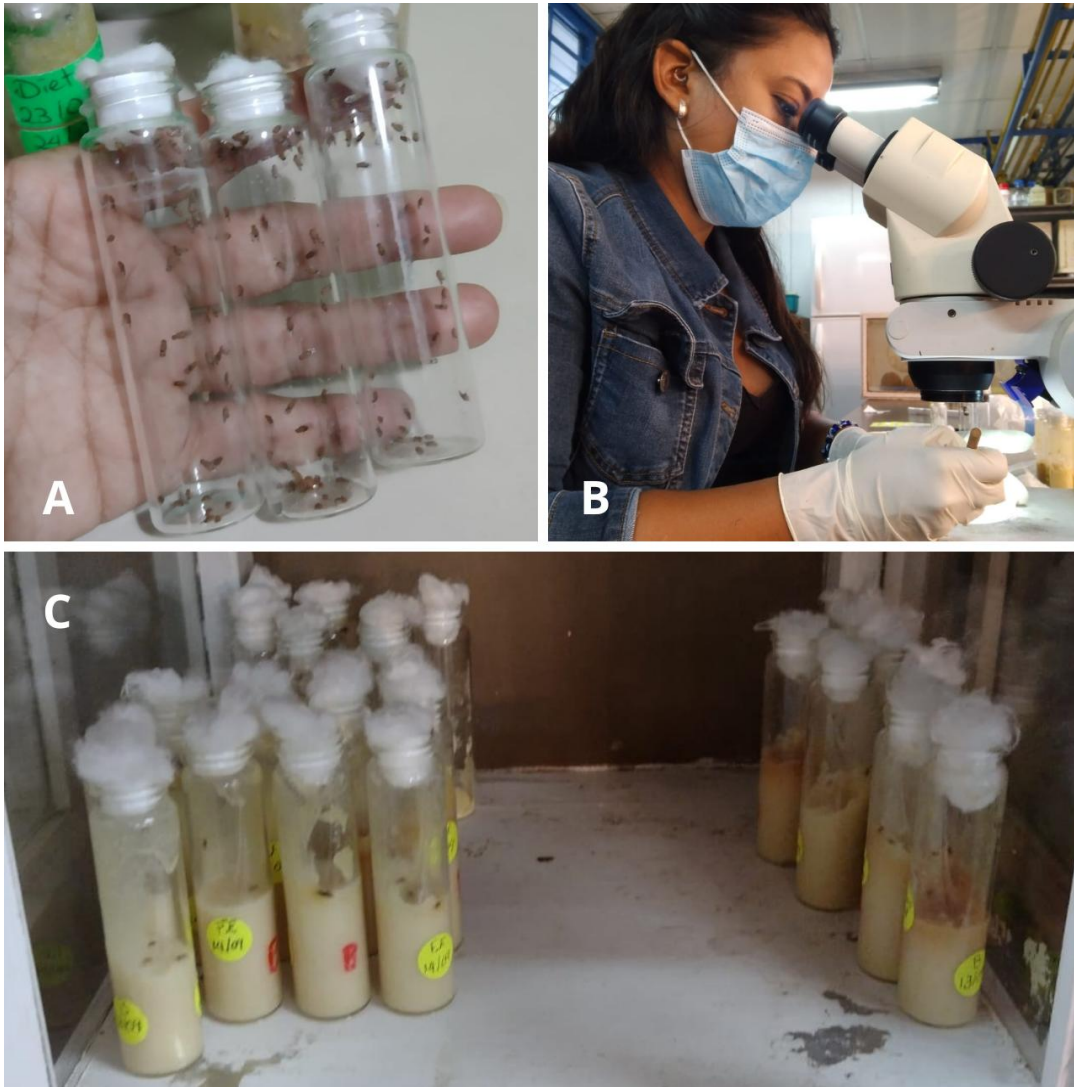
Anexo 2. (A y B) Bandeja hermética con muestras de fruto de campo infestado de mosca *D. suzukii*. **(C)** Separación de pupas y larvas de los frutos recolectados. **(D)** Pupas recuperadas de los frutos sobre harina de maíz para reducir humedad.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 3. (A) Sobres de aluminio con servilletas y algodón esterilizados. **(B)** Máquina autoclave utilizada en laboratorio. **(C)** Viales esterilizados listos para ser utilizados para las dietas.

Fuente: Elaboración propia.



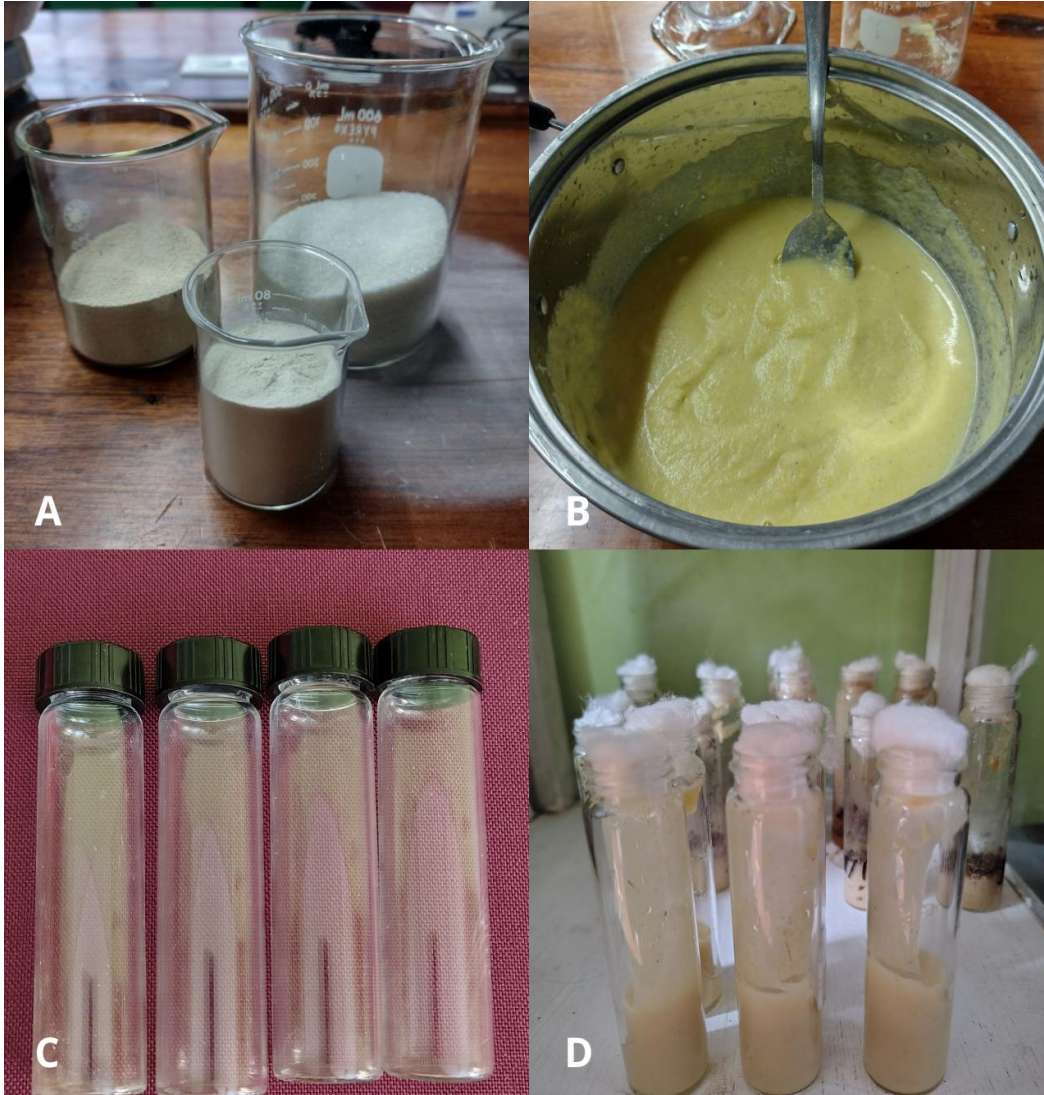
Anexo 4. (A)Viales con moscas recuperadas de bandejas herméticas. **(B)**Sexado de la mosca con estereoscopio. **(C)** Moscas sexadas introducidas en viales con medio nutritivo y tapón de algodón para facilitar el ingreso de oxígeno para los insectos.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 5. (A) Viales de dieta A con hembra y macho de mosca *D. suzukii* para inicio de cría. **(B)** Viales de dieta B con moscas para cría continua. **(C)** Viales de dieta C con hembra y macho de mosca *D. suzukii* para inicio de cría. **(D)** Almacenamiento de dietas B y C seleccionadas para cría de moscas.

Fuente: Elaboración propia.



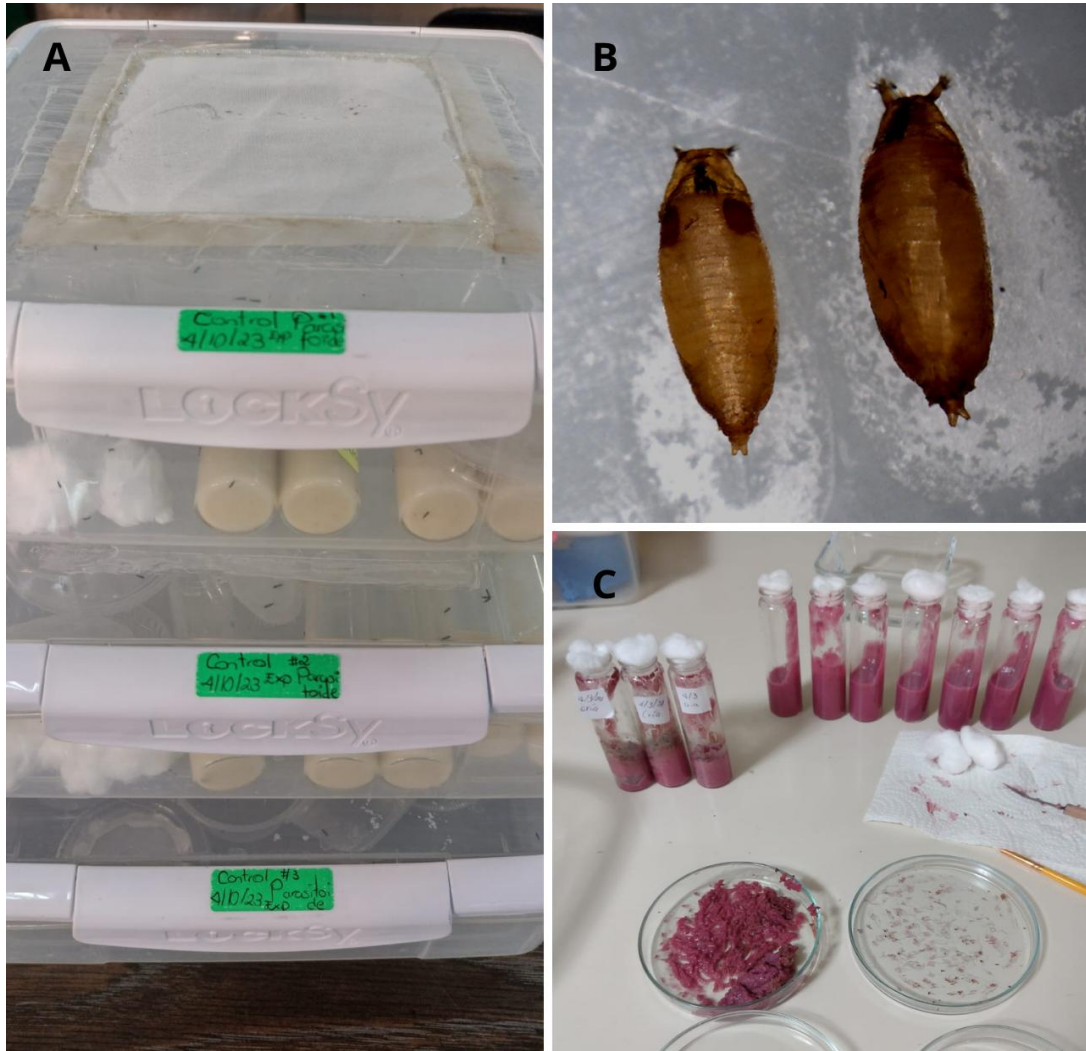
Anexo 6. (A) Ingredientes para dieta B, harina de maíz, levadura y agar. (B) Harina reposada en agua destilada. (C) Viales esterilizados en autoclave. (D) Viales con dieta y filtro de algodón.

Fuente: Elaboración propia.



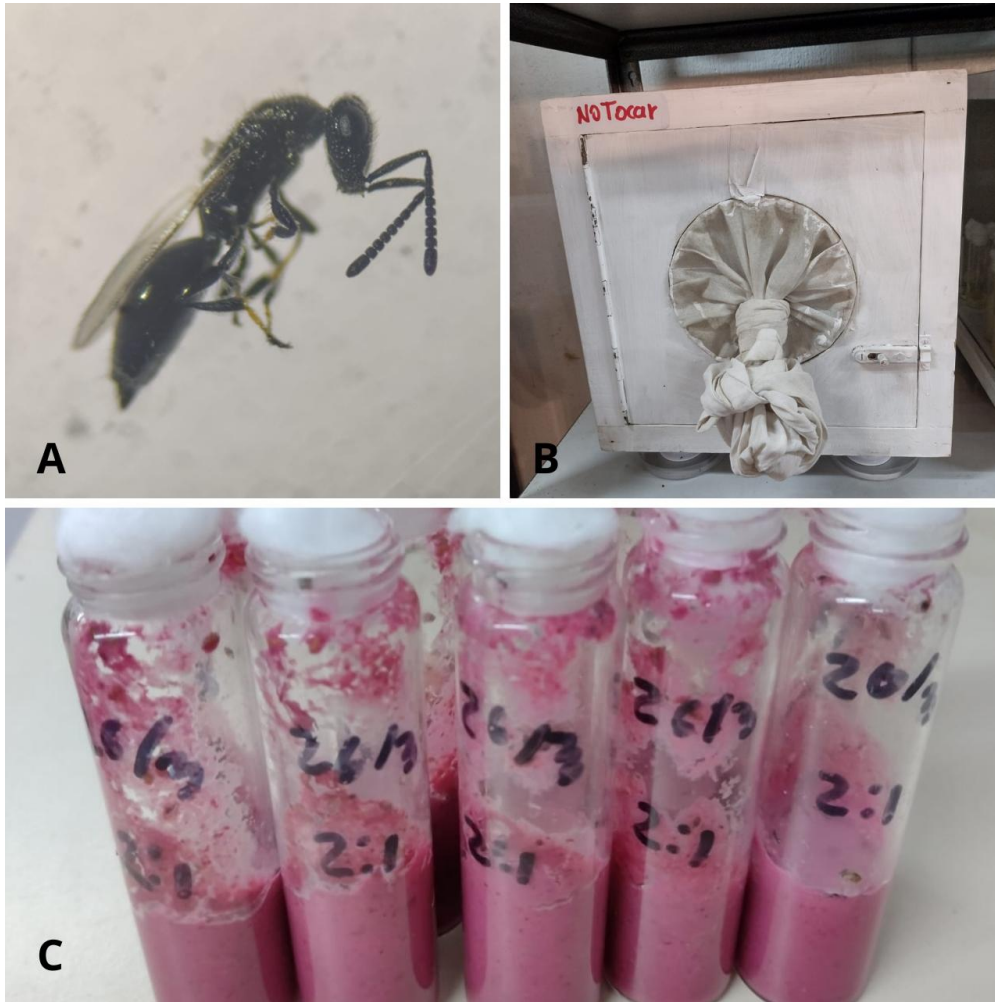
Anexo 7. (A) Selección del fruto de la mora. **(B)** Mora triturada, harina de maíz reposada en agua destilada y glucosa para la elaboración de la dieta **C.** **(C)** Cocción de la mezcla. **(D)** Viales con dieta lista para pie de cría de la mosca.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 8. (A) Primeras evaluaciones 1:1 hospedero/parasitoide, bajo condiciones de dieta B. (B) Pupas de *D. sukukii*. (C) Recuperación de larvas L3 para evaluar proporción 1:1 en dieta C.

Fuente. Elaboración propia.



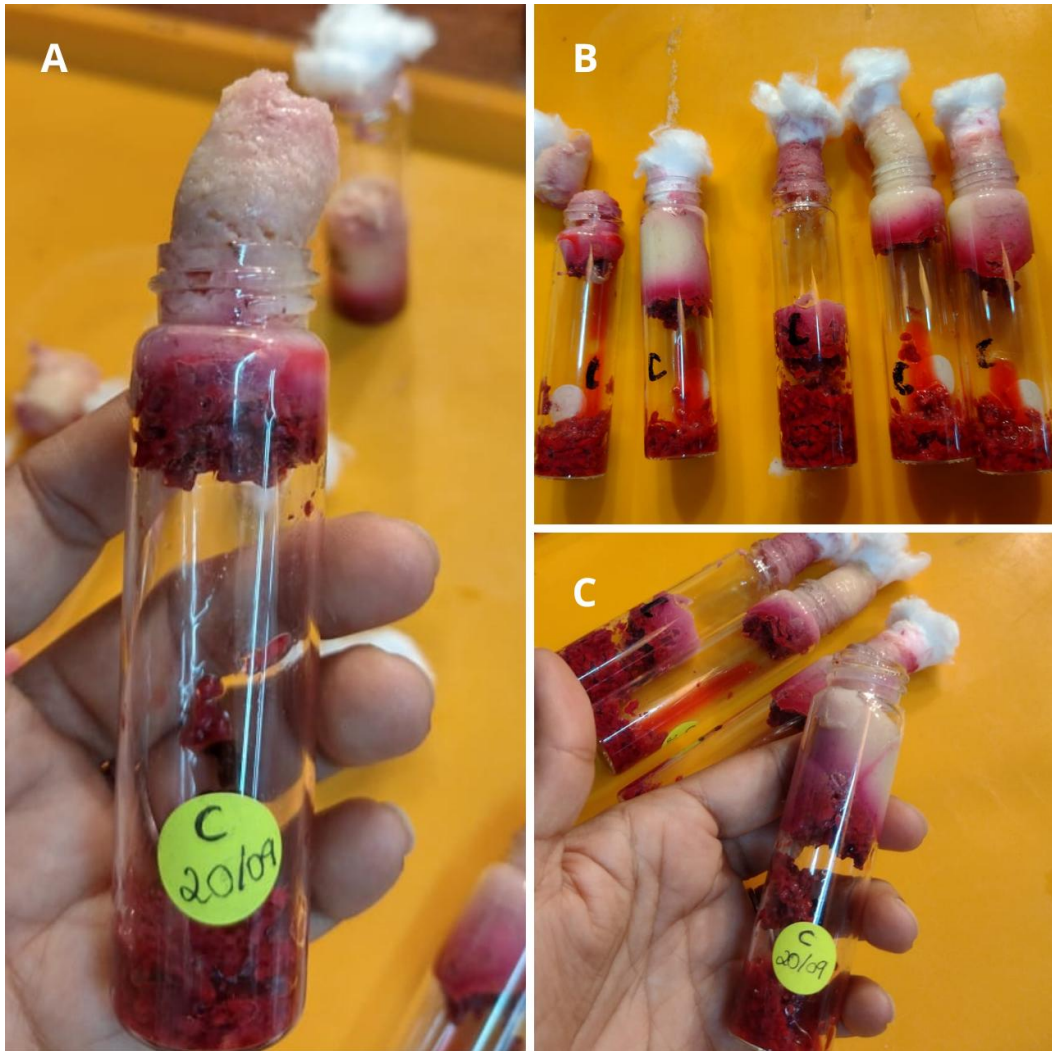
Anexo 9. (A) Hembra de *S. endius* visto en estereoscopio. (B) Caja entomológica. (C) Aplicación de parasitoide en proporción 2:1 hospedero/parasitoide.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 10. (A) Contaminación a las 48h de colocada la hembra en dieta C. **(B)** Inicio de contaminación en la parte superior de los viales. **(C)** Presencia de contaminación en vial con hembra de *D. sukukii*.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 11. Fermentación resultante de la primera metodología utilizada para elaborar la Dieta C.

Fuente: Elaboración propia.

Ingredientes	Dieta A	Dieta B	Dieta C
Agar	45g	8g	8g
Harina Maíz	125g	80g	80g
Azúcar	200g	-	-
Glucosa	-	100g	100g
Levadura	70g	40g	40g
Metil parabeno	-	8 ml	8 ml
Ácido propiónico	17.7 ml	3 ml	3 ml
Etanol 95%	33.3 ml	-	-
Frutos de mora	-	-	300g
Costo total	¢8038	¢2427	¢3627

Anexo 12. Costo individual (por litro) de las dietas artificiales A, B y dieta semi-artificial C.

Fuente: Elaboración propia.